



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

(21) **PI0711052-9 A2**

(22) Data de Depósito: 04/06/2007
(43) Data da Publicação: 23/08/2011
(RPI 2120)



(51) *Int.Cl.:*
E21B 43/22 2006.01

(54) Título: **APRIMORAMENTO DE ESCOAMENTO DE FUNDO**

(73) Titular(es): Conocophillips Company

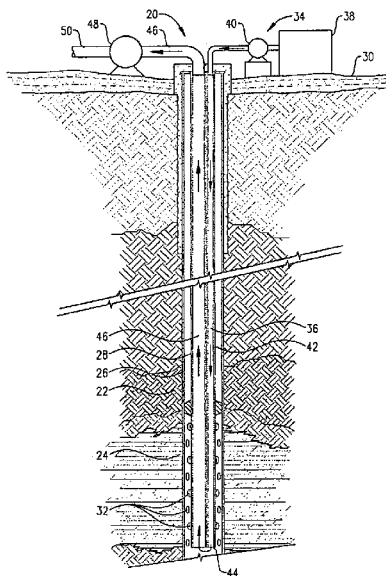
(72) Inventor(es): Kenneth W. Smith, Mark D. Ewen, Ray L. Johnston, Stuart N. Burden, Timothy L. Burden, Vicent S. Anderson, William F. Harris

(74) Procurador(es): Dannemann, Siemsen, Bigler & Ipanema Moreira

(86) Pedido Internacional: PCT US2007070329 de 04/06/2007

(87) Publicação Internacional: WO WO2007/146644de 21/12/2007

(57) **Resumo:** APRIMORAMENTO DE ESCOAMENTO DE FUNDO. A presente invenção refere-se a um sistema para redução da perda de carga associada a fluxo turbulento de fluidos através dos dutos localizados em locais remotos (por exemplo, fundo sob o solo e/ou fundo sob o mar). Uma tal redução na perda de carga é obtida pelo transporte de um redutor de arraste através de um longo duto de diâmetro pequeno e posteriormente injetando o redutor de arraste em um fluido hospedeiro no local remoto para preparar um fluido tratado. O fluido tratado é então extraído do local remoto via um duto de produção/transporte. A presença do redutor de arraste no fluido tratado reduz a perda de carga associada ao fluxo através do duto de produção/transporte.



Relatório Descritivo da Patente da Invenção para "**APRIMORAMENTO DE ESCOAMENTO DE FUNDO**".

Antecedentes da Invenção

1. Campo da Invenção

5 A presente invenção refere-se em geral a sistemas para a produção de fluidos oriundos de formações subterrâneas. Em um outro aspecto, a invenção envolve a introdução em furos verticais de um redutor de arraste em um fluido hospedeiro contendo hidrocarboneto (por exemplo, óleo bruto) produzido a partir de uma formação subterrânea.

10 2. Descrição da Técnica Anterior

Uma variedade de redutores de arraste foi usada no passado para reduzir a perda de carga associada a um fluxo turbulento de um fluido através de uma tubulação. Sabe-se que polímeros de peso molecular ultra-elevado funcionam bem como redutores de arraste. Em geral, o aumento do peso molecular e a concentração de polímero no redutor de arraste aumentam a eficácia do redutor de arraste, com a limitação de que o polímero precisa ser capaz de se dissolver no fluido hospedeiro. Entretanto, redutores de arraste contendo altas concentrações de polímeros de alto peso molecular geralmente não podem ser transportados através de linhas pequenas por distâncias longas, porque a alta viscosidade de tais redutores de arraste requer pressões na tubulação inaceitavelmente altas e/ou o tamanho de partícula de polímero de tais redutores de arraste pode causar o entupimento das tubulações. Portanto, redutores de arraste não têm sido fornecidos a locais remotos (por exemplo, subaquáticos ou de fundo) porque o fornecimento econômico em tais locais remotos requer tipicamente a passagem por dutos longos e com diâmetros pequenos.

Sumário da Invenção

Em uma modalidade da presente invenção é fornecido um método/processo que inclui a etapa de introdução de um redutor de arraste em um fluido hospedeiro por um ponto de injeção localizado pelo menos 170 m (500 pés) abaixo da superfície do solo.

Em uma outra modalidade da presente invenção é fornecido um

processo para produzir um fluido contendo hidrocarboneto a partir de uma formação subterrânea. O processo inclui as seguintes etapas: (a) transporte de um látex redutor de arraste descendentemente para um ponto de injeção localizado pelo menos 170 m (500 pés) abaixo do nível do solo; (b) introdução de tal látex redutor de arraste em tal referido fluido contendo hidrocarboneto no tal ponto de injeção para assim formar um fluido tratado compreendendo tal látex redutor de arraste e tal fluido contendo hidrocarboneto; e (c) transporte de pelo menos uma porção de tal fluido tratado ascendentemente em direção à superfície do solo.

10 Em ainda uma outra modalidade da presente invenção é fornecido um sistema de produção para extrair um fluido de uma formação subterrânea. O sistema de produção geralmente compreende um poço e um sistema de injeção de aditivo. O poço inclui uma tubulação de produção que se estende para dentro da formação subterrânea. O sistema de injeção de aditivo inclui uma fonte de aditivo e um caminho de passagem de aditivo. A fonte de aditivo contém um aditivo compreendendo um redutor de arraste. O caminho de passagem de aditivo se prolonga para dentro da formação subterrânea e é operável para transportar o aditivo. O caminho de passagem de aditivo inclui uma abertura de descarga para descarregar pelo menos uma porção do aditivo para fora do caminho de passagem. A abertura de descarga está localizada a pelo menos 170 m (500 pés) abaixo da superfície do solo.

Breve Descrição dos Desenhos

Uma modalidade preferido da presente invenção é descrito em detalhes abaixo com referência aos desenhos anexos, onde:

25 a figura 1 é uma representação simplificada de um poço usado para produzir um fluido oriundo de uma formação subterrânea, na qual o poço é equipado com um tubo tratador (treater string) para introdução de um ou mais aditivos (inclusive um redutor de arraste) no fluido produzido, antes do transporte do fluido até a superfície;

30 a figura 2 é uma representação simplificada de um poço de produção equipado com uma válvula motora operadora ("gas lift valve") que permite que aditivos (inclusive um redutor de arraste) escoem descendente-

mente no espaço anelar entre o tubo de revestimento e o tubo de produção do poço;

5 a figura 3 é uma representação simplificada de um sistema de produção offshore que inclui uma variedade de poços submarinos conectados a um coletor (manifold) comum de produção que é ancorado a uma plataforma offshore através de uma tubulação de escoamento submarina, particularmente ilustrando uma tubulação umbilical correndo da plataforma offshore para o coletor de produção;

10 a figura 4 é uma vista parcial de corte de uma tubulação umbilical, particularmente ilustrando os vários dutos elétricos e fluidos contidos na tubulação umbilical;

a figura 5 é um diagrama esquemático de uma aparelhagem para teste de recirculação em loop (Engineering Loop Re-circulation Test) usado para medir a eficácia de redutores de arraste;

15 a figura 6 é uma ilustração esquemática de uma aparelhagem de teste empregada para realizar testes de taxa de dissolução em vários redutores de arraste;

a figura 7 é uma vista isométrica de um agitador empregado nos testes de taxa de dissolução;

20 a figura 8 é uma vista de cima do agitador empregado nos testes de taxa de dissolução;

a figura 9 é uma vista lateral do agitador empregado nos testes de taxa de dissolução;

25 a figura 10 é um gráfico mostrando o efeito que a modificação do látex inicial tem sobre a constante da taxa de dissolução de hidrocarboneto do redutor de arraste ao longo de uma faixa de temperaturas;

a figura 11 é um gráfico da constante de taxa de dissolução para várias formulações de redutor de arraste ao longo de uma faixa de temperaturas; e

30 a figura 12 é uma plotagem da redução de arraste na aparelhagem de teste de recirculação em loop (Engineering Loop Re-circulation Test) empregando vários materiais redutores de arraste.

Descrição Detalhada do modalidade Preferido

Com referência inicialmente à figura 1, é ilustrado um poço de produção 20 que é operável para extrair um ou mais fluidos de produção 24 a partir de uma formação subterrânea 22. Em uma modalidade da presente invenção, o fluido de produção 24 contém pelo menos um fluido contendo hidrocarboneto tal como, por exemplo, óleo cru e/ou gás natural. Por exemplo, o fluido de produção 24 pode conter pelo menos aproximadamente 10, pelo menos aproximadamente 25, ou pelo menos 50 por cento em peso de óleo cru.

10 O poço 20 geralmente inclui um revestimento externo 26 e uma tubulação interna de produção 28 que se estende descendentemente da superfície do solo 30 para dentro da formação subterrânea 22. O revestimento 26 pode ter uma variedade de perfurações 32 localizadas perto do depósito de fluido de produção 24. Durante a operação do poço de produção 20, o fluido de produção 24 escoam da formação subterrânea 22, através das perfurações 32, e para dentro do revestimento 28, de onde ele pode ser extraído através da tubulação de produção 28.

De acordo com uma modalidade da presente invenção, o poço 20 é equipado com um sistema de injeção de aditivo 34 perfuração abaixo que é operável pela introdução de um aditivo 36 para dentro de um fluido de produção 24 em uma localização abaixo da superfície do solo 30. O aditivo 36 contém um redutor de arraste, o qual será descrito em detalhe a seguir. Por exemplo, o aditivo 36 pode conter pelo menos cerca de 10, pelo menos cerca de 50, pelo menos cerca de 75, ou pelo menos cerca de 90 por cento em peso de redutor de pressão. Em uma modalidade, o aditivo 36 consiste essencialmente em um redutor de arraste somente. Em uma outra modalidade, o aditivo 36 contém o redutor de arraste em combinação com um ou mais produtos químicos garantidores de escoamento convencionais. Produtos químicos garantidores de escoamento típicos incluem, mas não estão limitados por inibidores de hidrato, inibidores de corrosão, inibidores de parafina, inibidores de depósitos, biocidas, desmulsificantes, agentes seqüestrantes de sulfeto de hidrogênio, agentes seqüestrantes de oxigênio, tratamentos

de água, e inibidores de asfalteno. Em uma modalidade, o aditivo 36 compreende partículas de polímero sólidas na faixa de cerca de 5 a cerca de 75 por cento em peso, ou partículas de polímero sólidas na faixa de cerca de 10
cerca de 60 ou cento em peso, ou partículas de polímero sólidas na faixa de
cerca de 15 a cerca de 45 por cento em peso. Quando o aditivo 36 é introduzido no fluido de produção 24, pelo menos cerca de 50 por cento em peso, pelo menos cerca de 75 por cento em peso, ou pelo menos 95 por cento em peso de partículas de polímero sólidas estão dissolvidas no fluido de produção 24. A quantidade de redutor de arraste injetado pode ser expressa
em termos de concentração de polímero redutor de arraste componente líquido contendo hidrocarboneto do fluido produzido. A concentração de polímero redutor de arraste no componente líquido contendo hidrocarboneto pode se situar na faixa de cerca de 0,1 a cerca de 100 ppm em peso, ou na faixa de cerca de 0,5 a cerca de 50 ppm em peso, ou na faixa de cerca de 1
a cerca de 20 ppm em peso, ou na faixa de 1 a 5 ppm em peso.

O sistema de injeção de aditivo 34 geralmente inclui pelo menos uma fonte de aditivo 38, uma bomba de adição 40, e um duto de injeção de aditivo 42. O duto de injeção 42 se estende descendentemente através de um caminho de passagem (por exemplo, um ângulo ou espaço anelar) definido entre o revestimento 26 e a tubulação 28. O duto de injeção 42 inclui pelo menos uma saída 44 para descarregar aditivo 36 para dentro do fluido de produção 24. Na modalidade ilustrado na figura 1, o aditivo 36 é introduzido no fluido de produção 24 em um local de injeção dentro do revestimento 26 e fora da tubulação 28. Alternativamente ou adicionalmente, o aditivo 36 pode ser introduzido no fluido de produção 24 por fora do revestimento 28 e/ou por dentro da tubulação 28.

Depois de o aditivo 36 ter sido descarregado no fluido de produção 24, o fluido resultante combinado/tratado 46 é transportado ascendentemente através da tubulação de produção 28 até ou próximo à superfície do solo 30. Quando a pressão natural do fluido de produção 24 em uma formação subterrânea 22 é insuficiente para causar o escoamento ascendente do fluido tratado 46 através da tubulação de produção 28 até ou próximo à su-

perfície do solo 30, um meio de extração 48 é empregado para bombear fluido tratado 46 ascendentemente através da tubulação de produção 28. Na prática, o meio de extração 48 pode assumir uma variedade de formas conhecidas por aqueles especialistas na técnica, inclusive a de uma bomba de fundo ou uma elevação por gás.

Depois de ter sido trazida até ou próximo à superfície do solo 30, o fluido tratado 46 pode então ser transportado através do oleoduto 50. A figura 1 mostra o oleoduto 50 como sendo um oleoduto acima da superfície. Alternativamente, o oleoduto 50 pode ser um oleoduto enterrado. O fluido tratado 46 pode ser transportado através do oleoduto 50 por uma distância de pelo menos cerca de 1600 metros (1 milha), ou pelo menos cerca de 16 km (10 milhas), ou pelo menos 160 km (100 milhas). Como o fluido tratado 46 contém um redutor de arraste, a perda de carga associada com o escoamento do fluido tratado 46 através da tubulação de produção 28 e do oleoduto 50 é reduzida relativamente à perda de carga que estaria associada com o escoamento do fluido de produção 24 não tratado.

Em uma modalidade da presente invenção, pelo menos uma porção do aditivo 36 é introduzida no fluido de produção 24 em um local de injeção que está em uma distância substancial abaixo da superfície do solo 30. Por exemplo, o local de injeção pode estar pelo menos a cerca de 170 m (500 pés), ou pelo menos a cerca de 350 m (1000 pés), ou pelo menos a cerca de 700 m (2000 pés) abaixo da superfície do solo. Portanto, o duto de injeção 42 pode ter um comprimento de pelo menos cerca de 170 m (500 pés), ou pelo menos cerca de 350 m (1000 pés), ou pelo menos cerca de 700 m (2000 pés). O diâmetro interno médio ou duto de injeção 42 pode ser de cerca de 5 cm (2,5 pol.) ou menos, cerca de 2,5 cm (1 pol.) ou menos, cerca de 1 cm (0,5 pol.) ou menos, ou mesmo cerca de 0,6 cm (0,25 pol.) ou menos.

Em uma modalidade da presente invenção, o aditivo de fundo pode incluir um redutor de arraste que é capaz de ser transportado através de um duto de injeção longo com um diâmetro interno pequeno. O redutor de arraste empregado na presente invenção pode ser um látex redutor de arras-

te compreendendo um polímero de alto peso molecular dispersado em uma fase aquosa contínua. O polímero do látex redutor de arraste pode ser preparado por polimerização por emulsão de uma mistura de reação compreendendo um ou mais monômeros, uma fase contínua, pelo menos um agente

5 tensoativo, e um sistema de injeção. A fase contínua geralmente compreende pelo menos um componente selecionado do grupo que consiste em água, líquidos orgânicos polares, e suas misturas. Quando água é o constituinte selecionado da fase contínua, então a mistura de reação também pode compreender pelo menos um entre solvente e tampão.

10 O monômero empregado na formação do polímero de alto peso molecular pode incluir, mas não está limitado a, um ou mais dos monômeros selecionados do grupo que consiste de:

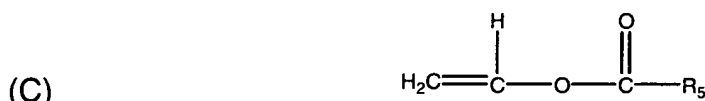


em que R_1 é H ou um radical C_1 - C_{10} alquila, mais preferentemente R_1 é H, CH_3 , ou C_2H_5 , e R_2 é H ou um radical C_1 - C_{30} alquila, mais preferentemente R_2 é um radical C_4 - C_{18} alquila, e é mais preferentemente representado pela fórmula



20 (B) 

em que R_3 é $\text{CH}=\text{CH}_2$ ou $\text{CH}_3\text{-C}=\text{CH}_2$ e R_4 é H ou um radical C_1 - C_{30} alquila, mais preferentemente R_4 é H ou um radical C_4 - C_{18} alquila, um anel fenila com 0 - 5 substituintes, um anel naftila com 0 - 7 substituintes, ou um anel piridila com 0 - 4 substituintes;



onde R_5 é H ou um radical $\text{C}_1\text{-C}_{30}$ alquila, e preferivelmente R_5 é um radical $\text{C}_4\text{-C}_{18}$ alquila;

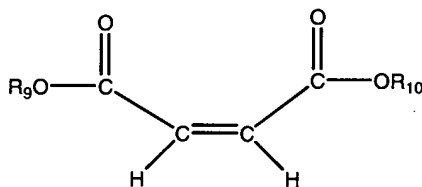


5 em que R_6 é H ou um radical $\text{C}_1\text{-C}_{30}$ alquila, e preferivelmente R_6 é um radical $\text{C}_4\text{-C}_{18}$ alquila;



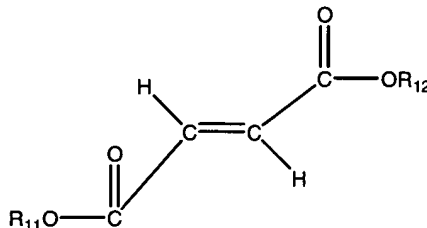
10 onde R_7 é H ou um radical $\text{C}_1\text{-C}_{18}$ alquila, mais preferivelmente R_7 é H ou um radical $\text{C}_1\text{-C}_6$ alquila, e R_8 é H ou um radical $\text{C}_1\text{-C}_{18}$ alquila, mais preferivelmente R_8 é H ou um radical $\text{C}_1\text{-C}_6$ alquila, e mais preferivelmente R_8 é H ou CH_3 , também, os H_2 's nos carbonos 1 e 4 mostrados acima poderiam ser substituídos por radicais $\text{C}_1\text{-C}_{18}$ alquila ou radicais $\text{C}_1\text{-C}_6$ alquila;

(F) maleatos tais como



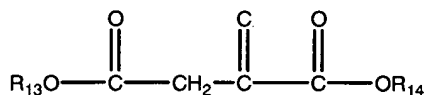
15 em que R_9 e R_{10} são independentemente H, radicais $\text{C}_1\text{-C}_{30}$ alquila, arila, cicloalquila, ou heterociclila;

(G) fumaratos tais como



em que R_{11} e R_{12} são independentemente H, radicais $\text{C}_1\text{-C}_{30}$ alquila, arila, cicloalquila, ou heterociclila;

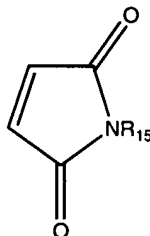
20 (H) itaconatos tais como



em que R_{13} e R_{14} são independentemente H, radicais $\text{C}_1\text{-C}_{30}$ alquila, arila,

cicloalquila, ou heterociclila;

(I) maleimidadas tais como



em que R_{15} é H, um radical C_1 - C_{30} alquila, arila, cicloalquila, ou heterociclila;

5 Em uma modalidade, monômeros de fórmula (A) são preferidos, monômeros de metacrilato de fórmula (A), e mais especialmente monômeros de metacrilato de 2-etil hexila de fórmula (A).

O agente tensoativo empregado na mistura de reação pode incluir pelo menos um agente tensoativo alto HLB aniônico ou não-iônico. O termo "número HLB" se refere ao equilíbrio hidrófilo - lipófilo de um agente tensoativo em uma emulsão. O número HLB é determinado pelo método descrito por W.C. Griffin em *J. Soc. Cosmet. Chem.*, 1, 311 (1949) e *J. Soc. Cosmet. Chem.*, 5, 249 (1954), que é incorporada aqui por referência. Conforme empregado aqui, o termo "número HLB" denotará um número HLB de 7 ou mais. O número HLB de agentes tensoativos para emprego com a formação da mistura de reação pode ser de pelo menos cerca de 8, cerca de 10, ou 12.

Exemplos de agentes tensoativos aniônicos de alto HLB incluem sulfatos de alquila, éter sulfatos de alquila, sulfossuccinatos de dialquila, fosfatos de alquila, sulfonatos de alquil arila, e sarcosinatos, de alto HLB. Exemplos comerciais de agentes tensoativos aniônicos de alto HLB incluem lauril sulfato sódio (disponível como RHODAPON[®] LSB da Rhodia Incorporated, Cranbury, NJ), sulfossuccinato de dioctila sódio (disponível como AEROSOL[®] OT da Cytec Industries, Inc., West Paterson, NJ), sal de sódio de polifosfato de 2-etil hexila (disponível de Jarchem Industries Inc., Newark, NJ), sulfonato de sódio dodecilbenzeno (disponível como NORFOX[®] 40 de Norman, Fox & Co., Vernon, CA), sódio lauroilsarcosinic (disponível como HAMPOSYL[®] L-30 de Hampshire Chemical Corp., Lexington, MA).

Exemplos de agentes tensoativos não-iônicos de alto HLB inclu-

em ésteres de sorbitano, ésteres de ácido graxo PEG, ésteres de glicerina etoxilados, aminas graxas etoxiladas, ésteres de sorbitano etoxilados, agentes tensoativos em bloco de óxido de etileno/ óxido de propileno, ésteres de álcool/ ácidos graxos, ácidos graxos etoxilados, óleos de mamona etoxilados, ésteres de glicerina, etoxilatos de álcool linear, e etoxilatos de alquil fenol, de alto HLB. Exemplos comerciais de agentes tensoativos não-iônicos de alto HLB incluem nonil fenóxi e octil fenóxi poli(etilenóxi) etanois (disponíveis como IGEPAL[®] séries CA e CO, respectivamente da Rhodia, Cranbury, NJ), álcoois primários C8 a C18 etoxilados (tais como RHODASURF[®] LA-9 da Rhodia Inc., Cranbury, NJ), etoxilatos de álcool secundário C11 a C15 (disponíveis como TERGITOL[®] séries 15-S, incluindo 15-S-7, 15-S-9, 15-S-12, da Dow Chemical Company, Midland, MI), ésteres de polioxietileno sorbitano ácidos graxos (disponíveis como a série de agentes tensoativos TWEEN[®] da Uniquema, Wilmington, DE), oleil éter de óxido de polietileno (25) (disponível como SIPONIC[®] Y-500-70 da Americal Alcolac Chemical Co., Baltimore, MD), álcoois de alquil arila poliéter (disponíveis como TRITON[®] série X, incluindo X-100, X-165, X-3-5, e X-405 da Dow Chemical Co., Midland, MI).

O sistema de iniciação para uso na mistura de reação pode ser qualquer sistema adequado para gerar radicais livres necessários para facilitar a polimerização por emulsão. Iniciadores possíveis incluem persulfatos (por exemplo, persulfato de amônio, persulfato de sódio, persulfato de potássio), peróxi persulfatos, e peróxidos (por exemplo, hidroperóxido de terc-butila) usados sozinhos ou em combinação com um ou mais componentes redutores e/ou aceleradores. Possíveis componentes de redução incluem, mas não estão limitados a bissulfitos, metabissulfitos, ácido ascórbico, ácido eritórbico, e formaldeído sulfoxilato de sódio. Possíveis aceleradores incluem, mas não estão limitados a, qualquer composição contendo um metal de transição com dois estados de oxidação tais como, por exemplo, sulfato ferroso e sulfato de amônio ferroso. Alternativamente, técnicas de iniciação térmica e de radiação podem ser empregadas para gerar radicais livres.

Quando água é usada para formar a mistura de reação, a água

pode ser uma água purificada, tal como água destilada ou água desionizada. Entretanto, a fase contínua da emulsão também pode compreender líquidos orgânicos polares ou soluções aquosas de líquidos polares orgânicos, tais como aqueles listados abaixo.

5 Conforme previamente notado, a mistura de reação pode incluir
opcionalmente pelo menos um solvente e/ou um tamponador. Pelo menos
um solvente pode ser um solvente orgânico, tal como um solvente de hidro-
carboneto (por exemplo, pentano, hexano, heptano, benzeno, tolueno, xileno),
um solvente halogenado (por exemplo, tetracloreto de carbono), um glicol
10 (por exemplo, etileno glicol, propileno glicol, glicerina), um éter (por exemplo,
dietil éter, diglima, poliglicóis, glicol éteres). Em um modo de execução, o
solvente é um solvente de hidrocarboneto, tal como tolueno. O tamponador
pode compreender qualquer tamponador que é compatível com o sistema de
iniciação tal como, por exemplo, tamponadores de carbonato, fosfato e/ou
15 borato.

Na formação da mistura de reação, o monômero, água, pelo
menos um agente tensoativo, e opcionalmente pelo menos um solvente, po-
dem ser combinados sob uma atmosfera substancialmente livre de oxigênio
que é mantida a menos do que cerca de 1000 ppm/p do que cerca de 100
20 ppm/p de oxigênio. A atmosfera livre de oxigênio pode ser mantida por purga
contínua do recipiente de reação com um gás inerte tal como nitrogênio e/ou
argônio. A temperatura do sistema pode se manter a um nível do ponto de
congelamento da fase contínua até cerca de 60°C, ou de cerca de 0°C até
cerca de 45°C, ou de 0°C até 30°C. A pressão do sistema pode ser mantida
25 na faixa de cerca de 0,34 até 7 bara (5 até 100 psia), ou cerca de 0,7 até
cerca de 1,7 bara (10 até cerca de 25 psia), ou cerca da pressão atmosféri-
ca. Entretanto, pressões mais elevadas de até cerca de 21 bara (300 psia)
podem ser necessárias para polimerizar certos monômeros, tais como diole-
finas. A seguir, uma solução tampão pode ser adicionada, se requisitado,
30 seguido por adição do sistema de iniciação, tanto todos imediatamente ou ao
longo do tempo. A reação de polimerização é realizada por uma quantidade
suficiente de tempo para obtenção de pelo menos 90 por cento de conver-

são em peso dos monômeros. Tipicamente, este período de tempo está na faixa de entre cerca de 1 até cerca de 10 horas, ou 3 até 5 horas. Durante a polimerização, a mistura de reação pode ser continuamente agitada.

5 A tabela que se segue estabelece faixas aproximadas amplas e estreitas para as quantidades de ingredientes presentes na mistura de reação.

Ingrediente	Faixa Ampla	Faixa Limitada
Monômero (% em peso da mistura de reação total)	10 - 60%	40 - 50%
Água (% em peso da mistura de reação total)	20 - 80%	50 - 60%
Agente tensoativo (% em peso da mistura de reação total)	0.1 - 10%	0.25 - 6%
Sistema de Iniciação		
monomérico : iniciador (proporção molar)	$1 \times 10^3:1 - 5 \times 10^6:1$	$1 \times 10^4:1 - 2 \times 10^6:1$
Monômero : Comp. Redutor (proporção molar)	$1 \times 10^3:1 - 5 \times 10^6:1$	$1 \times 10^4:1 - 2 \times 10^6:1$
Acelerador: Iniciador (proporção molar)	0.01:1 - 10:1	0.01:1 - 1:1
Solvente	0 até duas vezes a quantidade do monômero	
Solução tampão	0 até a quantidade necessária para alcançar o pH de iniciação (dependente do iniciador, tipicamente entre cerca de 6,5 - 10)	

10 A reação de polimerização por emulsão rende uma composição de látex inicial compreendendo uma fase dispersa de partículas sólidas e uma fase líquida contínua. O látex inicial pode ser uma dispersão coloidal estável compreendendo uma fase dispersa de partículas de polímero com alto peso molecular e uma fase contínua compreendendo água. As partículas coloidais podem se formar na faixa de cerca de 10 até cerca de 60 por cento em peso do látex inicial, ou na faixa de 40 até 50 por cento em peso

do látex inicial. A fase contínua pode compreender água, pelo menos um agente tensoativo de alto HLB, pelo menos um solvente (se presente), e uma solução tampão se necessário. Água está compreendida na faixa de cerca de 20 até 80 por cento em peso do látex inicial, ou cerca de 40 até 5
cerca de 60 por cento em peso do látex inicial. O agente tensoativo de alto HLB está na faixa de cerca de 0,1 até cerca de 10 por cento em peso do látex inicial, ou de 0,25 até 6 por cento em peso do látex inicial. Conforme notado na tabela acima, a solução tampão está presente em uma quantidade necessária para alcançar o pH requisitado para iniciação da reação de poli-
10 merização e é dependente do iniciador. Tipicamente, o pH requisitado para iniciar uma reação está na faixa de 6,5 até 10.

O polímero da fase dispersa pode ter um peso molecular médio (M_w) de pelo menos 1×10^6 g/mol, ou pelo menos cerca de 2×10^6 g/mol, ou pelo menos 5×10^6 g/mol. As partículas coloidais podem ter um tamanho de
15 partícula médio de menos do que cerca de 10 microns, menos do que cerca de 1000 nm (1 micron), na faixa de cerca de 10 até cerca de 500 nm, ou na faixa de 50 até 250 nm. Pelo menos cerca de 95 por cento em peso das partículas coloidais podem ser maiores do que cerca de 10 nm e menores do que cerca de 500 nm. Em pelo menos cerca de 95 por cento em peso as
20 partículas podem ser maiores do que cerca de 25 nm e menores do que cerca de 250 nm. O polímero da fase dispersa pode exibir pouca ou nenhuma ramificação ou reticulação. A fase contínua pode ter um pH na faixa de cerca de 4 até cerca de 10, ou de cerca de 6 até cerca de 8, e contém poucos cátions multivalentes, se os contiver.

25 Para o polímero funcionar como um redutor de arraste, o polímero deveria dissolver ou ser substancialmente solvatado no fluido produzido (por exemplo, óleo bruto e/ou água). A eficácia das partículas poliméricas de alto peso molecular como redutores de arraste, quando adicionadas diretamente ao fluido produzido, é grandemente dependente da temperatura do
30 fluido produzido. Por exemplo, a baixas temperaturas, o polímero dissolve no fluido produzido a uma menor taxa, portanto, uma menor redução de arraste pode ser conseguida. Entretanto, quando a temperatura do fluido produzido

está acima de cerca de 30° C, ou acima de 40°C, o polímero é mais rapidamente solvatado e consegue-se uma apreciável redução do arraste. Conforme mostrado nos exemplos abaixo, pode ser possível conseguir uma maior redução de arraste em uma faixa de temperaturas maior, modificando

5 o látex inicial através da adição de um agente tensoativo de baixo HLB e/ou um solvente. O látex modificado resultante pode ser fornecido em um sistema de pacote único onde as propriedades de redução de arraste do polímero estão disponíveis para o fluxo de fluido produzido em um período de tempo muito mais rápido.

10 De acordo com um modo de execução da presente invenção, o látex inicial pode ser modificado para aumentar a taxa de dissolução do polímero. Tal modificação também pode fornecer uma dispersão coloidal estável que não significativamente floculará ou aglomerará ao longo do tempo, assegurando assim que o látex não se tornará totalmente quebrado ou invertido.

15 O látex modificado pode ser formado por adição de pelo menos um agente tensoativo de baixo HLB e/ou pelo menos um solvente para o látex inicial. Em um modo de execução, o látex inicial pode ser modificado ambos com um agente tensoativo HLB e um solvente. Conforme usado aqui, "de baixo HLB" deve denotar um número de HLB menor do que 7. O agente tensoativo de baixo HLB menor do que cerca de 6, menor do que cerca de 5, ou

20 na faixa de cerca de 1 até 4.

Agentes tensoativos de baixo HLB apropriados exemplares, incluem ésteres de sorbitano de baixo HLB, ésteres de ácido PEG graxo, ésteres de glicerina etoxilados, aminas graxas etoxiladas, ésteres de sorbitano etoxilados, óxido de etileno em bloco/ agente tenso -ativo óxido de propileno,

25 álcool/ésteres de ácido graxo, álcoois etoxilados, ácidos graxos etoxilados, óleos de mamona alcoxilados, ésteres de glicerina, etoxilatos de álcool linear, etoxilatos de alquil fenol, e emulsificantes poliméricos solúvel em óleo tais como sal/amida ou misturas de sal/amidas de poliisobutileno anidrido succínico copolímero de dietanol amina (PIBSA), e Hypermer B-206, e suas mis-

30 turas.

Exemplos comerciais de agentes tensoativos de baixo HLB não

aniônicos apropriados incluem trioleato de sorbitano (disponível como SPAN[®] 85 da Uniqema, Wilmington, DE), triestearato de sorbitano (disponível como SPAN[®] 65 da Uniqema, Wilmington, DE), sesquioleato de sorbitano (disponível como LUMISORB[®] SSO da Lambent Technologies, Skokie, IL), monooleato de sorbitano (disponível como ALKAMULS[®] SMO da Rhodia Inc., Cranbury, NJ), monoestearato de sorbitano (disponível como SPAN[®] 60 da Uniqema, Wilmington, DE), éster de ácido etileno glicol graxo (disponível na MONOSTRIOL[®] 60 da Uniqema, Wilmington, DE), Barcelona, Espanha), dioleato de polietileno glicol (tal como ALKAMULS[®] 600 DO da Rhodia Inc., Cranbury, NJ) monoestearato de propileno glicol (disponível como MONOSTRIOL[®] PR-A da Undesa, Barcelona, Espanha), monoestearato de glicerol (disponível como KEMFLUID[®] 203-4 da Undesa, Barcelona, Espanha), sal de amida de poliisobutileno anidrido succínico copolímero de amina dietanol (disponível como LUBRIZOL[®] 2700, da The Lubrizol Corporation, Wickliffe, OH), e agentes tensoativos poliméricos hidrófobos proprietários (tais como HYPERMER[®] B-206 da Uniqema, Wilmington, DE).

A quantidade de pelo menos um agente tensoativo de baixo HLB requisitada para modificar o látex inicial depende da taxa de dissolução desejada para o polímero, bem como da quantidade de diluente empregada para fornecer a flexibilidade necessária para ajustar a taxa de dissolução às condições do oleoduto. A formulação finalizada (por exemplo, o redutor de arraste do látex modificado) pode conter na faixa de cerca de 1 até cerca de 95 por cento em peso do agente tensoativo de baixo HLB, ou na faixa de cerca de 1 até cerca de 50 por cento em peso do agente tensoativo de baixo HLB, ou na faixa de cerca de 1 até cerca de 30 por cento em peso do agente tensoativo de baixo HLB, ou na faixa de 1 até 25 por cento em peso do agente tensoativo de baixo HLB.

Solventes apropriados para uso na formação do látex modificado redutor de arraste incluem solventes aromáticos (tais como benzeno, tolueno, xileno, etilbenzeno, dibenziltolueno, benziltolueno, butilxileno, difeniletano, diisopropilbifenila, triisopropilbifenila, etc.), solventes aromáticos parcialmente ou totalmente hidrogenados (tais como tetrahidronaftalenos ou deca-

hidronaftalenos), glicóis (tais como etileno glicol, propileno glicol, butileno glicol, hexileno glicol, poliglicóis tais como dietileno glicol, trietileno glicol, polietileno glicol, polipropileno glicol e copolímeros em bloco de óxido de propileno óxido de etileno, éteres glicol, butil éter polipropileno glicol, butil éter etileno glicol, metil éter propileno glicol, butil éter propileno glicol, fenil éter propileno glicol, metil éter dietileno glicol, metil éter dipropileno glicol, metil éter trietileno glicol), ésteres (tais como formiato de butila, acetato de etila, ésteres lactato), solventes contendo nitrogênio (tais como dimetilformamida), álcoois alifáticos e aromáticos (tais como metanol, etanol, isopropanol, álcool hexílico, álcool 2-etilhexílico, álcool benzílico, álcool tetrahydrofurfurílico), cetonas (tais como acetona, metil etil cetona, metil isobutil cetona, metil isoamil cetona, ciclohexanona), solventes contendo enxôfre (tais como sulfóxido de dimetila), tetrahydrofurano, haletos de alquila (tais como cloreto de metileno, 1,1,1-tricloroetano, percloroetileno), e suas combinações. Mais preferidos são glicóis de baixo peso molecular contendo um peso molecular menor do que cerca de 1000, ou contendo um peso molecular na faixa de cerca de 100 até cerca de 600, ou na faixa de 200 até 500. Polietileno glicol contendo um peso molecular de cerca de 200 também pode ser usado.

A quantidade de solvente requisitada depende da taxa de dissolução desejada para o polímero. A quantidade mínima de solvente é aquela que é necessária para fornecer a taxa de dissolução mínima desejada no(s) duto(s) que carrega(m) o fluido tratado para maximizar a quantidade do polímero de redução do arraste ativo. O látex redutor de arraste modificado pode conter na faixa de cerca de 1 até cerca de 95 por cento em peso do solvente, ou na faixa de cerca de 10 até cerca de 30 por cento em peso do solvente, ou na faixa de 15 até 25 por cento em peso do solvente.

A modificação do látex inicial pode ser conseguida através de uma simples operação de misturação. A misturação pode ser realizada usando um misturador simples elevado, ou os materiais podem ser medidos e proporcionalmente alimentados a um misturador contínuo ou estático, dependendo da viscosidade dos materiais selecionados para a modificação.

Tem sido observado que a ordem da adição dos materiais de modificação um efeito na facilidade de preparação no caso de materiais que têm uma alta viscosidade. Nesta situação, é geralmente mais fácil adicionar o solvente primeiro seguido pelo agente tensoativo e por fim o látex. Entretanto, na maioria dos casos, a ordem de adição não parece ter um impacto nas propriedades da mistura acabada. A misturação pode ocorrer a uma temperatura de cerca de 5 até cerca de 60°C ou na faixa de 15 até 30°C, em torno de cerca da pressão atmosférica. Se um agente tensoativo com alta viscosidade é usado, um misturador de dispersão pode ser empregado tal como aqueles usados para preparar dispersões de pigmento. O tempo de misturação depende grandemente da viscosidade dos materiais sendo empregados. Misturas de baixa viscosidade podem ser preparadas dentro de minutos, entretanto misturas de agentes tensoativos de elevada viscosidade podem requisitar períodos de misturação extensos.

O peso molecular do polímero do látex inicial não é substancialmente afetado pela adição de pelo menos um agente tensoativo de baixo HLB modificador e pelo menos o um solvente. Os tamanhos de partícula das partículas coloidais são geralmente os mesmos que no látex inicial, entretanto, é possível que algum inchaço das partículas possa ocorrer dependendo do tipo de solvente empregado na etapa da modificação. Devido ao inchaço, o tamanho da distribuição de partículas também pode ser aumentado. A viscosidade do látex redutor de arraste pode ser aumentada pela adição do agente tensoativo e do solvente. A concentração máxima de agente tensoativo e do solvente deveria ser selecionada de modo que a composição de látex modificada permaneça relativamente fácil de bombear. A solubilidade dos látexes modificados e iniciais em um líquido contendo hidrocarboneto é descrita aqui em termos de uma taxa constante "k" de dissolução de hidrocarboneto. A taxa constante de distribuição de hidrocarboneto (k) é determinada na maneira descrita no exemplo 2, abaixo. O látex modificado, descrito acima, tem uma taxa de dissolução de hidrocarboneto constante (k_m) que é maior do que a taxa de dissolução de hidrocarboneto constante do látex inicial (k_i) (isto é, não modificado). A taxa constante de dissolução de hidrocar-

boneto do látex modificado (k_m) em querosene a 20, 40, e/ou 60°C pode ser pelo menos cerca de 10, 25, 50, 100 ou 500 por cento maior do que a taxa de dissolução de hidrocarboneto constante do látex inicial (k_i) em querosene à mesma temperatura (isto é, 20, 40, e/ou 60°C). A taxa de dissolução de hidrocarboneto constante do látex modificado (k_m) em querosene a 20°C pode ser de pelo menos cerca de 0,004 min^{-1} , pelo menos cerca de 0,008 min^{-1} , ou pelo menos 0,012 min^{-1} . A taxa de dissolução de hidrocarboneto constante do látex modificado (k_m) em querosene a 40°C pode ser pelo menos cerca de 0,01 min^{-1} , pelo menos cerca de 0,02 min^{-1} , ou pelo menos 0,04 min^{-1} . A taxa de dissolução de hidrocarboneto constante do látex modificado (k_m) em querosene a 60°C pode ser de pelo menos cerca de 0,05 min^{-1} , pelo menos cerca de 0,2 min^{-1} , ou pelo menos 0,4 min^{-1} . A taxa de dissolução de hidrocarboneto constante do látex inicial (k_i) em querosene a 20°C pode ser menor do que cerca de 0,004 min^{-1} , menos do que cerca de 0,002 min^{-1} , ou menos do que 0,001 min^{-1} . A taxa de dissolução de hidrocarboneto constante do látex inicial (k_i) em querosene a 40°C pode ser menor do que cerca de 0,01 min^{-1} , menos do que cerca do látex inicial em querosene pode ser menor do que cerca de 0,01 min^{-1} , menos do que cerca de 0,008 min^{-1} , ou menos do que 0,006 min^{-1} . A constante da taxa de dissolução de hidrocarboneto do látex inicial (k_i) em querosene a 60°C pode ser menor do que cerca de 0,005 min^{-1} , do que cerca de 0,004 min^{-1} , ou menor do que 0,003 min^{-1} .

O redutor de arraste empregado na presente invenção deveria ser relativamente estável, de modo que ele possa ser armazenado por longos períodos de tempo e posteriormente empregado como um redutor de arraste eficaz sem maior modificação. Conforme usado aqui, "estabilidade na prateleira" deve denotar a capacidade de uma dispersão coloidal ser armazenada por períodos de tempo significativos sem que uma quantidade significativa da fase sólida dispersa se dissolva na fase líquida contínua. O redutor de arraste modificado pode exibir uma estabilidade na prateleira tal que menos do que cerca de 25, cerca de 10, ou 5 por cento em peso das partículas sólidas do polímero de elevado peso molecular se dissolve na fase contínua por um período de armazenamento de 6 meses, sendo que o

reductor de arraste modificado é armazenado sem agitação a uma temperatura e pressão padrão (STP) durante o período de armazenamento de 6 meses.

Conforme usado aqui, "estabilidade da taxa de dissolução" deve denotar a capacidade de um reductor de arraste ser armazenado por períodos de tempo significativos sem alterar significativamente a constante da taxa de dissolução de hidrocarboneto do reductor de arraste. O reductor de arraste empregado na presente invenção pode exibir uma estabilidade da taxa de dissolução tal que a constante da taxa de dissolução de hidrocarboneto do reductor de arraste, ao final de um período de armazenamento de 6 meses definido acima, está dentro de cerca de 25, cerca de 10, ou 5 por cento da constante da taxa de dissolução de hidrocarboneto do reductor de arraste de látex modificado no início do período de armazenamento.

Redutores de arraste empregados na presente invenção podem fornecer uma porcentagem de redução do arraste significativa. Por exemplo, os redutores de arraste podem fornecer pelo menos cerca de 2 por cento de redução de arraste, pelo menos 5 por cento de redução de arraste, ou pelo menos 8 por cento de redução de arraste. A porcentagem de redução de arraste e a maneira pela qual ela é calculada são mais totalmente descritos no Exemplo 2, abaixo.

Com referência agora à figura 2, é ilustrado um poço 100 similar ao poço 20 da figura 1 incluindo um revestimento externo 102 e um tubo de produção interno 104. O poço 100 é equipado com um sistema de injeção de aditivo alternativo 106 contendo uma configuração diferente do que o sistema de injeção de aditivo da figura 1. O sistema de injeção de aditivo 106 geralmente inclui uma fonte de aditivo 108, uma bomba de aditivo 110, um duto alimentador de aditivo 112, e um dispositivo de vedação com válvula 114. O dispositivo de vedação com válvula 114 pode ser qualquer dispositivo que controle o escoamento do fluido através da passagem (por exemplo, espaço anelar) definido entre o revestimento 102 e o tubo 104. Por exemplo, o dispositivo de vedação com válvula 114 pode ser uma válvula de injeção de gás convencional (gas-lift valve). Apesar da figura 2 ilustrar somente um único

dispositivo de vedação com válvula 114, deveria ser compreendido que o poço 100 pode ser equipado com múltiplos dispositivos de vedação com válvulas, verticalmente espaçados.

Em operação, o aditivo (que inclui um redutor de arraste, conforme discutido acima) é bombeado da fonte de aditivo 108 para o duto de alimentação de aditivo 112 através de uma bomba de aditivo 110. A saída do duto alimentador do aditivo 112 está em comunicação líquida com a passagem definida entre o revestimento 102 e o enchimento 104. Permite-se que o aditivo desça pelo caminho de passagem até que ele atinja o dispositivo de vedação com válvula 114. A pressão na passagem pode ser controlada para abrir e fechar seletivamente a válvula do dispositivo de vedação 114. A pressão da passagem pode ser controlada pela bomba de injeção de aditivo 110 ou por um sistema de controle de pressão separado (não mostrado). Depois que o aditivo passa por um meio de vedação com válvula 114, ele pode cair no fluido produzido. O fluido tratado resultante pode posteriormente ser extraído e transportado da maneira descrita acima com referência à figura 1.

Com referência agora à figura 3, é ilustrado um sistema de produção offshore simplificado, incluindo uma pluralidade de poços submarinos 200, um coletor comum de produção 202, uma plataforma offshore 204, uma linha de escoamento submarino 206, e uma linha umbilical 208. Cada poço 200 pode ter uma configuração similar aos poços 20 e 100, descritos acima com referência às figuras 1 e 2. Cada poço 200 é operável para produzir um fluido contendo hidrocarboneto de uma formação subterrânea. Os fluidos contendo hidrocarboneto produzidos por cada poço 200 são combinados no coletor de produção 202 e são posteriormente transportados via a linha de escoamento 206 para a plataforma 204. Uma primeira terminação da linha umbilical 208 está conectada a uma instalação de controle na plataforma 204, enquanto uma segunda extremidade da linha umbilical 208 está conectada a poços 200, ao coletor de produção 202, e/ou à linha de escoamento 206.

Com referência agora à figura 4, a linha umbilical 208 geralmente inclui uma pluralidade de dutos elétricos 214, uma pluralidade de dutos de

fluido 216, e uma pluralidade de camadas protetoras 218 em torno dos dutos elétricos 214 e dutos de fluido 216. Com referência às figuras 3 e 4, dutos elétricos 214 transmitem energia da plataforma 204 para os poços 200 e/ou ao coletor de produção 202. Dutos de fluido 216, comumente referidos como

5 linhas de injeção de produtos químicos, são tipicamente usados para injetar produtos químicos garantidores de fluxo com baixa viscosidade nos fluidos contendo hidrocarbonetos produzidos transportados de volta à plataforma 204 via linha de escoamento 206. Produtos químicos garantidores de escoamento típicos que são injetados através dos dutos de fluido 216 incluem,

10 mas não estão limitados a, inibidores de hidrato, inibidores de corrosão, inibidores de parafina, inibidores de depósito, biocidas, desemulsificantes, sequestrantes (scavengers) de sulfeto de hidrogênio, sequestrantes de oxigênio, tratamentos de água e inibidores de asfalto.

De acordo com um modo de execução da presente invenção,

15 um aditivo compreendendo um redutor de arrasto é transportado através de linhas de injeção de produtos químicos (tal como dutos de fluidos 216) em umbilicais (tal como a linha umbilical 208). O redutor de arraste pode ser empregado posteriormente tubo abaixo da maneira descrita acima com respeito aos poços 20 e 100 das figuras 1 e 2. Em uma tal configuração de poço

20 submarino, a "superfície do solo" pode ser a superfície do mar ou do fundo do mar.

O comprimento da linha umbilical 208 pode ser de pelo menos 170 metros (500 pés), ou pelo menos cerca de 350 m (1000 pés), ou pelo menos cerca de 350 m (1000 pés), ou na faixa de 1750 m (5000 pés) até 48

25 km (30 milhas).

O diâmetro médio interno de cada duto de fluido 216 pode ser de cerca de 12 cm (5 polegada) ou menos, ou cerca de 6 cm (2,5 polegada) ou menos, ou cerca de 2,5 cm (1 polegada) ou menos, ou cerca de 1,2 cm (0,5 polegadas) ou menos, ou cerca de 0,6 cm (0,25 polegadas) ou menos.

30 Em uma modalidade de execução da invenção, um redutor de arraste, tal como um daqueles descritos acima, é transportado da plataforma 204 para o coletor de produção 202 via pelo menos um dos dutos de fluido

216 formando a linha umbilical 208. Pelo menos um duto de fluido 216 pode ser mantida disponível para o transporte de um produto químico garantidor de fluxo simultaneamente com um redutor de arraste através da linha umbilical 208.

- 5 Os redutores de arraste da invenção descritos em detalhe acima podem possuir propriedades físicas que permitem que eles sejam bombeados através de um duto fluido 216 da linha umbilical 206 até 208 em condições de operação típicas com uma perda de carga menor do que menos do que cerca de 113,102 Kpa/m (5 psi/ pé), menor do que cerca de 56,551
- 10 Kpa/m (2,5 psi / pé), ou menor do que 22,620 KPa/m (1 psi/ pé). Geralmente, a temperatura na qual o redutor de arraste será transportado através de um duto fluido 216 é relativamente baixa devido ao ambiente frio do fundo do oceano em torno da linha umbilical 208. Portanto, a temperatura do redutor de arraste durante o transporte através do duto de fluido 216 é geralmente
- 15 menor do que cerca de 16°C (60°F), mais tipicamente menor do que cerca de 10°C (40°F) para sistemas em mar profundo.

EXEMPLOS

Exemplo 1

- Polimerização por Emulsão de Metacrilato de 2-etilhexila empregando a In-
- 20 ciação Redox

Neste exemplo, foi preparado um látex inicial redutor de arraste. Geralmente, 2-metacrilato de 2-etilhexila foi polimerizado em uma emulsão compreendendo água, agente tensoativo, iniciador, e uma solução tampão.

- Mais especificamente, a polimerização foi realizada em uma caldeira de reação encamisada de 300 ml com um condensador, agitador mecânico, termopar, bocais de septo, e entradas/saídas de nitrogênio. A chaleira foi carregada com 0,231 g de hidrogenofosfato de dissódio, 0,230 g de dihidrogenofosfato de potássio, e 4.473 g de dodecil sulfonato de sódio. A caldeira foi purgada com nitrogênio durante a noite. A seguir, a caldeira foi
- 25 carregada com 125 g de água desoxigenada de grau HPLC, o teor da caldeira foi agitado a 300 rpm, e a temperatura da caldeira ajustada para 5°C, u-
- 30 sando o banho de circulação. O monômero de metacrilato de 2-etilhexila

(100 ml, 88,5 g) foi então purificado para remover qualquer inibidor de polimerização presente, desoxigenado (por borbulha de gás nitrogênio através da solução), e transferido para a chaleira.

Neste exemplo, quatro iniciadores foram preparados para adição
5 à caldeira: uma solução de persulfato de amônio (APS) por dissolução de 0,131 g de APS em 50,0 ml de água; uma solução de formaldeído sulfoxilato de sódio (SFS) por dissolução de 0,175 g de SFS em 100,0 ml de água; uma solução de sulfato ferroso por dissolução de 0,021 g de $\text{FeSO}_4 \cdot 7 \text{H}_2\text{O}$ em 10,0 ml de água; e uma solução de hidroperóxido de terc-butila (TBHP) por
10 dissolução de 0,076 g de TBHP 70% em 50,0 ml de água.

A caldeira foi então carregada com 1,0 ml de solução de sulfato ferroso e por um período de duas horas foram adicionados concomitantemente 1,0 ml de solução de PAS e 1,0 ml de solução de SFS. Em seguida à adição de APS e SFS, adicionaram-se concomitantemente por um período
15 de duas horas 1,0 ml de solução de TBHP e 1,0 ml de solução de SFS.

O látex final foi coletado depois que a temperatura resfriou até a temperatura de partida. O látex final (216,58 g) compreendeu 38,3 % do polímero e uma pequena quantidade de coágulo (0,41 g).

Exemplo 2

20 Neste exemplo, as capacidades de redução de arraste da emulsão de polímero de metacrilato de poli-2-etilhexila preparada no exemplo 1 foram avaliadas em um sistema de combustível diesel #2. O dispositivo de teste usado neste exemplo foi um dispositivo de teste de ciclo de recirculação de 5 cm (duas polegadas) projetado conforme mostrado na figura 5. Este teste permitiu a avaliação do desempenho do redutor do arraste quando
25 injetado em uma forma não-pré-dissolvida em um fluido de hidrocarboneto no ciclo de fluxo. O teste foi empregado para simular os perfis de desempenho e comportamento redutor de arraste nas tubulações de campo por um período de tempo de três horas em termos de dissolução, desempenho de
30 pico e degradação do polímero redutor de arraste.

No teste de recirculação do tubo de ciclo de 5 cm (duas polegadas), 2500 l (600 galões) de diesel a uma temperatura de 21°C (70°F) foi

recirculado a partir de um reservatório misto através de uma tubulação de ciclo de 5 cm (2 polegadas) de diâmetro e de volta ao reservatório. O volume retido aproximado na tubulação foi de 400 l (100 galões). O diesel foi recirculado a 3 l/s (42,3 gpm) usando uma bomba de cavidade progressiva de baixo cisalhamento. A perda de carga foi medida em uma seção de 140 m (440 pés) do loop da tubulação. A perda de carga do caso "base" foi medida durante um período de não-injeção. A perda de carga do caso "tratado" foi medida durante e em seguida à injeção da amostra com redutor de arraste. No teste de recirculação do ciclo da tubulação de 5 cm (duas polegadas), o material da amostra foi injetado por um período de 2 minutos na tubulação logo abaixo do reservatório e bomba, com o volume do material injetado sendo igual àquele requisitado para obter o ppm alvo para o reservatório de 2400 l (600 galões). A monitoração da perda de carga continuou por um período de 3 horas após a injeção. Neste exemplo particular, uma emulsão de polímero redutor de arraste suficiente foi injetada no ciclo de teste para render uma concentração de 5 ppm de metacrilato de poli-2-etilhexila (p/p) baseado no combustível de diesel #2. Nenhuma perda de carga mensurável foi registrada em 3 horas de recirculação. Isto foi igual a 0% de redução de arraste (% DR).

A porcentagem de redução de arraste é a proporção da diferença entre a perda de carga da linha de base (ΔP_{base}) e a perda de carga tratada ($\Delta P_{\text{tratada}}$) para a perda de carga da linha de base (ΔP_{base}) e a perda de carga tratada ($\Delta P_{\text{tratada}}$) a uma taxa de fluxo constante:

$$\% \text{ DR} = (\Delta P_{\text{base}} - \Delta P_{\text{tratada}}) / (\Delta P_{\text{base}})$$

A taxa na qual o polímero se dissolve no fluxo de hidrocarboneto é uma propriedade muito importante. A redução do arraste mais eficaz não pode ocorrer até que o polímero seja dissolvido ou substancialmente solvatado no duto. A taxa na qual o polímero se dissolve pode ser determinada por um teste de inibição de vortex em querosene a várias temperaturas. A uma velocidade de agitação constante, a profundidade do vortex é proporcional à quantidade do polímero dissolvido no querosene. A taxa de dissolução é uma função de primeira ordem:

$$d/dt (\text{Conc}_{\text{n\~{a}o dissolvido}}) = (-k) (\text{Conc}_{\text{n\~{a}o-dissolvido)})$$

em que k é a constante da taxa de dissolução. O tempo, T , para uma certa fração do polímero ser dissolvido é uma função de k como se segue:

$$T\%dissolvida = [1n 100 / (100 - \% dissolvida)]/k$$

5 A figura 6 ilustra esquematicamente o dispositivo de teste da taxa de dissolução usado para determinar a constante da taxa de dissolução. O aparelho de teste da constante da taxa de dissolução incluiu um agitador rotativo que foi colocado em um cilindro de 250 ml graduado encamisado com um diâmetro interno de 48 mm. A extremidade superior do agitador rotativo foi conectada a um motor de velocidade variável (não mostrado).
10 A configuração específica do agitador rotativo é ilustrada em detalhes nas figuras 7-9. O agitador rotativo empregado nos testes da taxa de dissolução foi um agitador de tinta Black & Decker feito a partir de um molde de um plástico resistente a óleo. A cabeça do agitador foi formada por um disco com 45 mm de diâmetro constando de um disco central e um anel externo. O disco central tinha 20 mm de diâmetro e 1,5 mm de espessura e foi centralizado em um cilindro que tinha 12 mm de diâmetro e 12 mm de espessura. O cilindro foi perfurado no centro para se ligar à cabeça de agitação a um eixo de 4 mm de diâmetro. O eixo foi rosqueado por 27 mm de modo que as duas
15 pequenas porcas mantiveram a cabeça de agitação no eixo. O anel externo tinha 45 mm de diâmetro, 9 mm de largura, e 1,5 mm de espessura. O anel externo estava ligado ao disco interno por 13 arcos uniformemente espaçados de 13 mm de extensão e 1 mm de espessura. O disco externo residiu 6 mm abaixo do nível do disco interno. Os arcos que ligaram o anel externo ao
20 disco interno agiram como pás para agitar o fluido no cilindro do teste. O eixo que ligou a cabeça de agitação ao motor de agitação (não mostrado) tinha 300 mm de extensão. Deveria ser notado que os resultados do teste da taxa de dissolução podem variar um pouco se diferentes configurações de agitador são empregadas.

30 Para conduzir o teste da taxa de dissolução, o agitador foi posicionado dentro do cilindro e ajustado de modo que o fundo da cabeça do agitador estava cerca de 5 milímetros do fundo do cilindro. O cilindro enca-

misado foi então preenchido com água recirculada de um banho com água de recirculação com capacidade de aquecimento e resfriamento controladas. A temperatura desejada foi selecionada e permitiu-se que o banho atingisse aquela temperatura fosse atingida. O cilindro graduado encamisado foi pre-
5 enchido com querosene para a linha de 200 ml com o agitador posicionado. A circulação do fluido de resfriamento através do cilindro graduado encami-
sado foi iniciada. O querosene dentro do cilindro graduado foi agitado por um tempo suficiente para permitir que a temperatura se equilibrasse na tempera-
tura ajustada, usualmente de 10-15 minutos. A temperatura do querosene foi
10 checada com um termômetro para assegurar que o querosene estivesse na temperatura desejada do teste. A velocidade do motor foi ajustada para agi-
tar rápido o suficiente para formar um vortex no querosene que atingiu até a graduação de 125 ml no cilindro.

Uma fração do polímero pré-dissolvido contendo a concentração
15 desejada de polímero foi adicionada ao querosene, enquanto o vortex foi formado. O polímero pré-dissolvido foi preparado por misturação da emulsão de látex com um solvente contendo os parâmetros de solubilidade apropria-
dos para conseguir a dissolução total. O recipiente com a emulsão e o sol-
vente foi girado durante a noite. No caso de uma emulsão de metacrilato de
20 poli-2- etilhexila, uma mistura de 20% de isopropanol e 80% de querosene (v/v) permitiu a dissolução total do polímero à temperatura ambiente dentro
desse período de tempo. Por exemplo, uma solução 3% de metacrilato de
polimérica 38,3% em 92,17 gramas de 20% de isopropanol e 80% de quero-
25 sene (v/v) e seguido por agitação para dispersar a emulsão em uma jarra de
200 g (8 onças). O sistema do solvente tornou-se rapidamente viscoso. A
jarra foi então colocada em uma placa giratória girando a uma velocidade
lenta e permitiu-se homogeneizar durante a noite.

Porções do polímero pré-dissolvido foram adicionadas rapida-
30 mente (isto é, em cerca de 5 segundos) ao querosene agitado no cilindro graduado para determinar a quantidade do polímero requisitado para conseguir
o fechamento de todo o vortex, definido como fechamento no marco 175 ml no

cilindro graduado. No caso da emulsão de metacrilato de poli-2-etilhexila 38,3% preparada no exemplo 1, determinou-se que 200 ppm de polímero ativo era necessário para fechar completamente o vortex.

Emulsões que não foram pré-dissolvidas tinham suas taxas de dissolução medidas usando a mesma concentração de polímero requisitada para fechamento total do vortex para o polímero pré-dissolvido pelo seguinte procedimento. Uma fração da emulsão, tanto modificada ou não-modificada, foi adicionada ao querosene na concentração e temperatura desejadas. Um temporizador foi usado para monitorar e registrar os tempos em que o vortex atingiu as marcas de 130, 135, 140, 145, 150, 155, 160, 170, e 175 ml no cilindro. Entretanto, a determinação foi interrompida quando o tempo excedeu 30 minutos.

A constante de dissolução k foi calculada determinando primeiro o vortex relativo, R_v , e depois plotando o tempo requisitado para alcançar as várias marcas do vortex vs. o registro dos vortexes relativos. O vortex total é a diferença entre 200 ml (o volume no cilindro graduado) e o vortex em 125 ml (isto é, 75 ml).

$$R_v = (200 - \text{o vortex efetivo}) / \text{vortex total}$$

Por exemplo, quando o vortex efetivo é 130 ml, o vortex relativo é 0,833. O tempo requisitado para alcançar as várias marcas de vortex foi plotado versus o registro do vortex relativo. Uma linha de tendência dos dados foi então desenhada e uma regressão foi realizada na linha de tendência. A inclinação da linha de tendência foi multiplicada por -2,303 para converter os dados de volta aos dados lineares. Esta foi a constante da taxa de dissolução, k , para uma dada temperatura e concentração do polímero ativo.

A taxa de dissolução da emulsão de metacrilato de poli-2-etilhexila 38,3% preparada no exemplo 1 foi medida usando o teste da taxa de dissolução em 500 ppm de polímero ativo. Os resultados mostram que o polímero de emulsão virtualmente não tinha nenhuma dissolução em 20°C e 30°C e taxas de dissolução muito baixas a temperaturas de até 60°C.

Temperatura, °C	Constante da Taxa de Dissolução, k (min ⁻¹)
20	<0,001
30	<0,001
40	0,005
50	0,009
60	0,022

Nos exemplos 3-5, vários solventes e agentes tensoativos foram incorporados na emulsão de látex preparada no Exemplo 1 para determinar seu efeito na taxa de dissolução do polímero da emulsão em um hidrocarboneto.

5 Exemplo 3

Tolueno (104,15 g) foi adicionado a um béquer de 600 ml e o béquer foi colocado sob um agitador suspenso com uma hélice de 3 pás com 5 cm (2 polegadas) de diâmetro. O agitador foi ajustado a 250 rpm e adicionou-se 41 675 gramas de sesquioleato de sorbitano (disponível como Lumisorb[®] SSO da Lambent Technologies, Skokie, IL) e misturou-se por 10 minutos até a dissolução. Uma porção da mistura preparada no Exemplo 1 (104,175 g) foi então adicionada e o sistema foi misturado por 20 minutos. A composição tinha uma densidade de 0,939 g/ml e uma viscosidade Brooksfeld LVDVII + de 3700 mPa.s usando uma haste #4 a 12 rpm. A composição em termos de porcentagem em peso foi como se segue:

Emulsão do Exemplo 1	41,67%
Tolueno	41,66%
Sesquioleato de sorbitano	16,67%

A taxa de dissolução deste material foi medida usando o teste de taxa de dissolução descrito acima. Os resultados mostram que o polímero da emulsão modificada tinha boas propriedades de dissolução, o que aperfeiçoa com o aumento da temperatura.

Temperatura, °C	Constante da Taxa de Dissolução, k (min ⁻¹)
20	0,015
30	0,023
40	0,047
50	0,072
60	0,60

Exemplo 4

Tolueno (104,15 g) foi adicionado a um béquer de 600 ml e o béquer foi colocado sob um agitador suspenso equipado com um hélice de 3 pás com 5 cm (2 polegadas) de diâmetro. O agitador foi ajustado a 250 rpm.

- 5 Uma quantidade da emulsão preparada no Exemplo 1 (145,85 g) foi então adicionada e o sistema foi misturado por 20 minutos. A composição tinha uma densidade de 0,937 g/ml. A viscosidade Brookfield LVDVII + foi muito alta para ser medida usando este instrumento a 12 rpm. A composição em termos de porcentagem em peso foi como se segue:

10	Emulsão do Exemplo 1	58,34%
	Tolueno	41,66%
	Sesquioleato de sorbitano	0%

- 15 A taxa de dissolução deste material foi medida usando o teste de taxa de dissolução descrito acima. Os resultados mostram que o polímero da emulsão não tinham dissolução a 20°C e 30°C e taxas de dissolução muito baixas a temperaturas de até 60°C.

Temperatura, °C	Constante da Taxa de Dissolução, k (min ⁻¹)
20	<0,001
30	0,007
40	0,016
50	0,029
60	0,037

Exemplo 5

Uma quantidade da emulsão preparada no Exemplo 1 (208,325 g) foi adicionada a um béquer de 600 ml e o béquer foi colocado sob um agitador suspenso equipado com um hélice de 3 pás com 5 cm (2 polegadas) de diâmetro. O agitador foi ajustado para 250 rpm e 41675 g de sesquiolato de sorbitano foi então adicionado e o sistema foi misturado por 20 minutos. A composição tinha uma densidade de 0,991 g/ml e a viscosidade Brookfield LVDVII + foi muito elevada para ser medida usando este instrumento a 12 rpm. A mistura tinha uma consistência macia, semelhante a pasta. A composição, em termos de porcentagem em peso, é como se segue:

Emulsão do Exemplo 1	83,33%
Tolueno	0%
Sesquioleato de sorbitano	16,67%

A taxa de dissolução deste material foi medida usando o teste de taxa de dissolução descrito acima. Os resultados mostram que o polímero da emulsão não tinha dissolução a 20°C e 30°C e taxas de dissolução muito baixas a temperaturas de até 60°C.

Temperatura, °C	Constante da Taxa de Dissolução, k (min ⁻¹)
20	<0,001
30	<0,001
40	<0,001
50	0,002
60	0,010

Os três exemplos acima (exemplos 3, 4 e 5) ilustram o melhoramento dramático na taxa de dissolução que ocorre pelo uso de ambos um agente tensoativo e um solvente para modificar as propriedades de dissolução dos polímeros de emulsão em questão em hidrocarbonetos. Uma dissolução muito mais rápida pode ser obtida usando ambos um agente tensoativo e um solvente do que pode ser obtido pelo uso tanto de ambas as classes

de aditivo simplesmente. Uma plotagem do fator da taxa de dissolução, k , versus a temperatura do hidrocarboneto usado (querosene) é apresentada na figura 10.

Exemplo 6

5 Neste exemplo, 75 g de acetona foram adicionados a um béquer de 600 ml e o béquer foi colocado sob um agitador suspenso com um hélice de 3 pás com 5 cm (2 polegadas) de diâmetro. O agitador foi ajustado a 250 rpm e 50 g de sesquiolato de sorbitano foi adicionado e misturado por 10 minutos até que ele se dissolveu. Uma quantidade de emulsão preparada no

10 Exemplo 1 (125 g) foi então adicionada e o sistema foi misturado por 20 minutos. A composição tinha uma densidade de 0,94 g/ml e uma viscosidade Brookfield LVDVII + de 6700 mPa.s usando um eixo #4 a 12 rpm. A composição em termos de porcentagem em peso foi como se segue:

Emulsão do Exemplo 1	50%
15 Tolueno	30%
Sesquioleato de sorbitano	20%

A taxa de dissolução deste material foi medida usando o teste de taxa de dissolução descrita acima. Os resultados mostram que o polímero da emulsão modificado tinha boas propriedades de dissolução que melhoraram com o aumento da temperatura.

20

Temperatura, °C	Constante da Taxa de Dissolução, k (min^{-1})
20	0,117
30	0,078
40	0,101
50	0,094
60	0,309

Este exemplo ilustra como um solvente alternativo pode ser empregado para conseguir propriedades de dissolução mais rápidas a uma temperatura mais baixa. Isto pode ser importante em muitas aplicações de tubulação onde o óleo cru ou produtos refinados são transportados a tempe-

raturas mais baixas.

Exemplo 7

Uma quantidade de polietileno glicol (96,15 g) contendo um peso molecular de 200 (PEG-200) foi adicionada a um béquer de 600 ml e o béquer foi colocado sob um agitador suspenso equipado com um hélice de 3 pás de 5 cm (2 polegadas) de diâmetro. O agitador foi ajustado para 250 rpm e 57,7 g do sal de dietanolamina do copolímero anidrido poliisobutileno succínico (PIBSA) foi adicionado e o sistema foi misturado por 30 minutos até que PIBSA foi dissolvido. A seguir, adicionaram-se 96,15 g da emulsão preparada no Exemplo 1 e o sistema foi misturado por 20 minutos. A composição tinha uma densidade de 0,971 g/ml e uma viscosidade Brookfield LVDVII + de 32000 mPa.s usando um eixo #4 a 6 rpm. A composição tinha uma consistência espessa semelhante a pasta. A composição em termos de porcentagem em peso foi como se segue:

15	Emulsão do Exemplo 1	38,46%
	PEG-200	38,46%
	PIBSA	23,08%

A taxa de dissolução deste material foi medida usando o teste de taxa de dissolução descrito acima. Os resultados mostram que o polímero da emulsão modificado tinha boas propriedades de dissolução que melhoram com o aumento da temperatura.

Temperatura, °C	Constante da Taxa de Dissolução, k (min ⁻¹)
20	0.025
30	0.040
40	0.106
50	0.107
60	0.255

Este exemplo ilustra que o uso de um solvente não-inflamável, menos danoso que tolueno ou acetona, pode ser usado e propriedades de dissolução elevadas ainda podem ser obtidas através de amplas faixas de

temperatura.

Exemplo 8

Neste exemplo, adicionaram-se 50 g de PEG-200 a 600 ml do béquer e o béquer foi colocado sob um agitador suspenso equipado com uma hélice de 3 pás com 5 cm (2 polegadas) de diâmetro. O agitador foi ajustado a 250 rpm e 12,5 g de amina de sebo etoxilada (Rhodameen^RPN-430) e 37,5 g de copolímero de anidrido succínico poliisobutileno, sal de dietanolamina preparado no exemplo 1 foram então adicionados e o sistema foi misturado por 20 minutos. A composição tinha uma densidade de 1,0078 g/ml e uma viscosidade Brookfield LVDVII + de 1120 mPa.s usando um eixo #4 a 30 rpm. A composição em termos de porcentagem em peso foi como se segue:

Emulsão do Exemplo 1	60%
PEG-200	20%
15 Rhodameen PN 430	5%
PIBSA	15%

A taxa de dissolução deste material foi medida usando o teste de taxa de dissolução descrito acima. Os resultados mostram que o polímero da emulsão modificado tinha boas propriedades de dissolução que melhoram com o aumento da temperatura.

Temperatura, °C	Constante da Taxa de Dissolução, k (min ⁻¹)
20	0,007
30	0,016
40	0,057
50	0,072
60	0,276

Este exemplo ilustra o uso de mais do que um agente tensoativo de baixo HLB para obter uma taxa de dissolução aumentada comparado com a emulsão sozinha e permite o uso de uma taxa de diluição dada a certas temperaturas.

Exemplo 9

Neste exemplo, adicionaram-se 60 g de metil éter de tripropileno glicol e 6 g de 1-hexanol foram adicionados a um béquer de 1000 ml e o béquer foi colocado sob um agitador suspenso equipado com um hélice d 3 pás com 7,5 cm (3 polegadas) de diâmetro. O agitador foi ajustado a 250 rpm. Em seguida, 30 g de uma amina de sebo etoxilada (Rhodameen PN-430 e 90 g do copolímero do anidrido succínico de poliisobutileno, sal de dietanolamina foi adicionada e misturada por 30 minutos até a dissolução. Depois, 354 g da emulsão preparada no Exemplo 1 foi adicionada e o sistema foi misturado por 20 minutos. A composição tinha uma densidade de 0,9979 g/ml e uma viscosidade Brookfield LVDVII + de 3071 mPa.s usando um eixo #4 a 30 rpm. A composição em termos de porcentagem em peso foi como se segue:

Emulsão do Exemplo 1	59%
15 PEG-200	10%
Tripropileno glicol metil éter	10%
1-hexanol	1%
Rhodameen PN-430	5%
PIBSA	15%

20 A taxa de dissolução deste material foi medida usando o teste de taxa de dissolução descrito acima. Os resultados mostram que o polímero da emulsão modificado tinha boas propriedades de dissolução que melhoram com o aumento da temperatura.

Temperatura, °C	Constante da Taxa de Dissolução, k (min ⁻¹)
20	0,011
30	0,028
40	0,046
50	0,084
60	0,290

Este exemplo ilustra o uso de mais do que um agente tensoativo de baixo HLB e mais do que um solvente para obter uma taxa de dissolução aumentada comparado com a emulsão sozinha e permite o uso de uma concentração menor de solvente e agentes tensoativos de baixo HLB para se obter uma dada taxa de diluição a certas temperaturas.

A figura 11 é uma plotagem da taxa de dissolução versus a temperatura para os exemplos 7, 8 e 9. Esta comparação das taxas de dissolução dos vários sistemas ilustram que o uso de mais do que um solvente e ou agente tensoativo de baixo HLB pode ser usado para se obter somente melhoramentos marginais nas taxas de dissolução. Usando agentes tensoativos e/ou solventes múltiplos para permitir o uso de uma menor concentração de aditivos pode-se obter também uma mistura com uma viscosidade mais baixa.

Exemplo 10

Neste exemplo, adicionaram-se 104,5 g de tolueno a um béquer de 600 ml e o béquer foi colocado sob um agitador suspenso equipado com um hélice de 3 pás com 5 cm (2 polegadas) de diâmetro. O agitador foi ajustado a 250 rpm e 41,675 g de sesquioleato de sorbitano foi adicionado e o sistema foi misturado por 10 minutos até a dissolução. A seguir, 104,175 g da emulsão preparada no exemplo 1 foram adicionados e misturados por 20 minutos. A composição tinha uma densidade de 0,939 g/ml e uma viscosidade Brookfield LVDVII + de 3700 mPa.s usando um eixo #4 a 12 rpm. A composição em termos de porcentagem em peso foi como se segue:

	Emulsão do exemplo 1	41,67%
25	Tolueno	41,66%
	Sesquioleato de sorbitano	16,67%

A mistura preparada acima foi injetada no aparelho de teste de ciclo de recirculação projetado descrito no exemplo 2 em uma quantidade suficiente para render uma concentração de 3 ppm de metacrilato de poli-2-etilhexila (p/p) baseado no peso do combustível diesel #2. Depois da injeção, a pressão do ciclo começou a cair rapidamente. Uma perda de pressão igual a 10,75% DR foi medida após 600 segundos (10 minutos).

Exemplo 11

Neste exemplo, 104,15 g de tolueno foram adicionados a um béquer de 600 ml e o béquer foi colocado sob um agitador suspenso equipado com uma hélice com 3 pás e 5 cm (2 polegadas) de diâmetro. O agitador foi ajustado para 250 rpm e 145,85 g da emulsão preparada no Exemplo 1 foram então adicionados e misturados por 20 minutos. A composição tinha uma densidade de 0,937 g/ml e a viscosidade Brookfield LVDVII + foi muito alta para ser medida usando este instrumento a 12 rpm. A composição em termos de porcentagem em peso é como se segue:

10	Emulsão do exemplo 1	58,34 %
	Tolueno	41,66 %
	Sesquioleato de sorbitano	0 %

A mistura preparada acima foi injetada no aparelho de teste de ciclo de recirculação projetado descrito no exemplo 2 em uma quantidade suficiente para render uma concentração de 3 ppm de metacrilato de poli-2-etilhexila (p/p) baseado no peso do combustível diesel #2. Durante o teste de 3 horas nenhuma redução de arraste significativa foi medida.

Exemplo 12

Neste exemplo, adicionaram-se 208,325 g da emulsão preparada no Exemplo 1 a um béquer de 600 ml e o béquer foi colocado sob um agitador suspenso equipado com um hélice com 3 pás e 5 cm (2 polegadas) de diâmetro. O agitador foi ajustado até 250 rpm e adicionou-se então 41675 g de sesquioleato de sorbitano e misturou-se por 20 minutos. A composição tinha uma densidade de 0,991 g/ml e a viscosidade Brookfield LVDVII + foi muito alta para ser medida usando este instrumento a 12 rpm. A mistura tinha uma consistência semelhante a pasta, macia. A composição em termos de porcentagem em peso foi como se segue:

	Emulsão do exemplo 1	58,34 %
	Tolueno	0 %
30	Sesquioleato de sorbitano	16,67 %

A mistura preparada acima foi injetada no aparelho de teste de ciclo de recirculação projetado de 5 cm (2 polegadas) descrito no exemplo 2

em uma quantidade suficiente para render uma concentração de 3 ppm de metacrilato de poli-2-etilhexila (p/p) baseado no peso do combustível diesel #2. Durante 3 horas de teste nenhuma redução de arraste significativa foi medida.

5 A figura 12 é uma plotagem da redução do arraste no teste de ciclo de recirculação projetado de 5 cm (2 polegadas) para os exemplos 2, 10, 11 e 12. Nesta plotagem da % da redução de arraste versus o tempo de circulação, a injeção no fluido de recirculação ocorreu a 100 segundos. Durante os 120 segundos seguintes as emulsões modificadas foram injetadas a
10 uma concentração maior (21,5 ppm de polímero para a emulsão modificada e 35,8 ppm para a emulsão não modificada) e a uma taxa proporcional ao fluxo de uma passagem do combustível diesel através do ciclo calculado como:

Concentração inicial (ppm) = taxa de injeção / (taxa de injeção + taxa de ciclo)

15 Isto se equilibrou com o restante do combustível diesel no tanque de armazenamento de modo que dentro de cerca de 300 segundos de tempo total decorrido o polímero estava na concentração de equilíbrio descrita (isto é. 3 ppm de polímero para as emulsões modificadas e 5 ppm para a emulsão não modificada). A concentração de equilíbrio foi calculada como:

20 Concentração de equilíbrio (ppm) = massa de polímero/massa de diesel

 Esta plotagem ilustra a taxa rápida de redução do arraste modificada com ambos tolueno e sesquioleato de sorbitano (Exemplo 10) comparado com a emulsão modificada tanto com tolueno sozinho (Exemplo 11)
25 quanto sesquioleato de sorbitano (exemplo 12) a uma concentração de equilíbrio de polímero de 3 ppm. Adicionalmente, é ilustrado o desempenho da redução de arraste de uma emulsão não modificada a uma concentração de equilíbrio de polímero de 5 ppm. A plotagem mostra que a emulsão modificada com ambos o tolueno e sesquioleato de sorbitano exibiu um rápido desenvolvimento das propriedades de redução do arraste neste teste de loop
30 enquanto a não modificada e os materiais modificados tanto com tolueno ou sesquioleato de sorbitano não desenvolveram qualquer redução de arraste

mensurável.

As formas preferidas da invenção descritas acima devem ser usadas somente como ilustração, e não deveriam ser empregadas em um sentido limitante para interpretar o âmbito da presente invenção. Modificações óbvias aos modos de execução do exemplo, conforme indicado acima, poderiam ser prontamente efetuadas por aqueles especialistas na técnica sem se sair do espírito da presente invenção.

FAIXAS NUMÉRICAS

A presente descrição usa faixas numéricas para quantificar certos parâmetros relativos à invenção. Deveria ser compreendido que quando faixas numéricas são fornecidas, tais faixas devem ser consideradas como fornecedoras de suporte literal para as limitações da reivindicação que somente expressa o valor inferior da faixa bem como reivindica limitação que somente expressa o valor superior da faixa. Por exemplo, uma faixa numérica divulgada de 10 até 100 fornece suporte literal para a reivindicação expressando "maior do que 10" (com nenhuma limitação superior) e reivindica "menos do que 100" (com nenhuma limitação inferior).

A presente descrição usa valores numéricos específicos para quantificar certos parâmetros relativos à invenção, onde os valores numéricos específicos não são expressamente parte de uma faixa numérica. Deveria ser compreendido que cada valor numérico específico fornecido deve ser considerado como fornecedor de suporte literal para uma faixa ampla, intermediária e estreita. A faixa ampla associada a cada valor numérico específico é o valor numérico mais e menos 60 por cento do valor numérico, arredondado para dois dígitos significativos. A faixa intermediária associada com cada valor numérico específico é o valor numérico mais e menos 30 por cento do valor numérico, arredondado a dois dígitos significativos. A faixa estreita associada com cada valor numérico específico é o valor numérico mais e menos 15 por cento do valor numérico, arredondado para dois dígitos significativos. Por exemplo, se o relatório descreve uma temperatura específica de 17°C (62° F), tal como uma descrição fornece suporte literal para uma ampla faixa numérica de 7°C (25°F) até 27°C (17°C ± 10°C) 99°F (62°F ±

37°F), uma faixa intermediária de 12°C (43°F) até 22°C (17°C ± 5°C) (81°F (62 ± 19°F), e uma faixa numérica estreita de 14°C (53°F) até 20°C (71°F) (17 +/- 5°C) (62 ± 9°F). Essas faixas amplas, intermediárias, e numericamente estreitas deveriam ser aplicadas não apenas para os valores específicos, mas deveriam também ser aplicadas a diferenças entre esses valores específicos. Portanto, se o pedido de patente divulga uma primeira pressão de 758,423 KPa (110 psia) e uma segunda pressão de 330,948 KPa (48 psia) (uma diferença de 427,475 KPa (62 psi), as faixas amplas, intermediárias e estreitas para a diferença de pressão deveriam ser, respectivamente, de 172,369 a 682,581 KPa (25 a 99 psi), 296,474 a 558,475 KPa (43 a 81 psi) e 365,422 a 489,528 KPa (53 a 71 psi).

DEFINIÇÕES

Conforme usado aqui, o termo "reductor de arraste" denota uma composição que, quando adicionada a um fluido hospedeiro, é eficaz em reduzir a perda de carga associada com o fluxo turbulento do fluido hospedeiro através de um duto.

Conforme usado aqui, o termo "látex reductor de arraste" denota uma composição contendo uma fase líquida contínua e uma fase dispersa compreendendo partículas de um polímero reductor de arraste. Quando o polímero reductor de arraste de um látex reductor de arraste é formado por polimerização por emulsão, a fase contínua do látex reductor de arraste pode ser formada pelo menos parcialmente do líquido empregado para polimerização por emulsão ou a fase contínua pode ser formada de um líquido inteiramente diferente do líquido empregado para polimerização por emulsão. Entretanto, a fase contínua do látex reductor de arraste deveria ser um não-solvente para a fase dispersa.

Conforme usado aqui o termo "diâmetro interno médio" denota o diâmetro interno médio de um duto ao longo do comprimento do duto.

Conforme usado aqui, os termos "compreendendo", "compreende", e "composto de" são termos de transição com terminação aberta de um objeto mencionado antes do termo para um ou elementos mencionados depois do termo, onde o elemento ou elementos listados depois do termo de transição

não são necessariamente os únicos elementos que formam o objeto.

Conforme usado aqui, os termos "incluindo", "inclui", e "inclui" têm o mesmo significado aberto na extremidade significando "compreendendo", "compreende" e "compreende".

- 5 Conforme usado aqui, os termos "contendo", "tem", e "têm" têm o mesmo significado com extremidade aberta como "compreendendo", "compreende" e "composto de".

- 10 Conforme usado aqui os termos "contendo", "contem", e "contêm" têm o mesmo significado de extremidade aberta que como "compreendendo", "compreende" e "composto de".

Conforme usado aqui o termo "um", "um", "o", e "o referido" significa um ou mais.

- 15 Conforme usado aqui o termo: "e/ou", quando usado em uma lista de dois ou mais itens, significa que qualquer um dos itens listados pode ser empregado. Por exemplo, se uma composição é descrita como contendo os componentes A, B, e/ou C, a composição pode conter A sozinho; B sozinho; C sozinho; A e B em combinação; A e C em combinação; B e C em combinação; ou A, B e C em combinação.

REIVINDICAÇÕES

1. Processo que compreende a introdução de um redutor de arraste para dentro de um fluido hospedeiro em um ponto de injeção localizado pelo menos a cerca de 170 metros abaixo da superfície do solo.
- 5 2. Processo, de acordo com a reivindicação 1, onde a referida introdução inclui provocar que o referido redutor de arraste seja transportado através de uma passagem definida entre um revestimento externo e uma tubulação interna de produção em um poço de produção.
- 10 3. Processo, de acordo com a reivindicação 1, onde a referida introdução inclui o transporte de tal redutor de arraste através de um duto de injeção com um comprimento de pelo menos cerca de 170 metros e um diâmetro interno médio de menos do que cerca de 6 cm (2,5 pol.).
- 15 4. Processo, de acordo com a reivindicação 3, onde o referido duto de injeção tem um comprimento de pelo menos cerca de 350 metros e um diâmetro interno médio de menos do que cerca de 2,5 cm (1 pol.).
- 20 5. Processo, de acordo com a reivindicação 3, onde pelo menos uma porção de tal duto de injeção está localizado em um espaço anelar definido entre um revestimento externo e uma tubulação interna de produção de um poço de produção.
- 25 6. Processo, de acordo com a reivindicação 3, onde pelo menos uma porção de tal duto de injeção forma pelo menos parte de uma linha umbilical submarina e onde a referida superfície do solo é o fundo do mar.
- 30 7. Processo de acordo com a reivindicação 6, onde uma primeira porção de tal duto de injeção é parte da referida linha umbilical submarina, onde uma segunda porção do tal duto de injeção é uma tubulação tratadora, e onde as referidas primeira e segunda porções de tal duto de injeção cada qual tem um comprimento de pelo menos cerca de 170 metros e um diâmetro interno médio de menos do que cerca de 6 cm (2,5 pol.).
8. Processo de acordo com a reivindicação 1, onde o referido fluido hospedeiro compreende óleo bruto.
9. Processo, de acordo com a reivindicação 1, ainda compreendendo o transporte combinado do fluido hospedeiro e do redutor de arraste a

partir de tal ponto de injeção até a superfície do solo através de um duto de produção.

10. Processo, de acordo com a reivindicação 1, onde o referido redutor de arraste compreende um polímero de alto peso molecular com um peso molecular médio ponderal de pelo menos cerca de 1×10^6 g/mol.

11. Processo, de acordo com a reivindicação 1, onde o referido redutor de arraste compreende uma fase líquida contínua e uma variedade de partículas de polímero dispersas na referida fase contínua.

12. Processo, de acordo com a reivindicação 11, onde as referidas partículas têm um tamanho de partícula médio de menos do que cerca de 1000nm.

13. Processo, de acordo com a reivindicação 11, onde pelo menos cerca de 95 por cento das referidas partículas têm tamanhos de partícula na faixa de cerca de 10 a cerca de 500 nm.

14. Processo, de acordo com a reivindicação 11, onde a referida fase contínua compreende água.

15. Processo, de acordo com a reivindicação 14, onde tal referida fase contínua compreende ainda pelo menos um solvente hidrocarboneto.

16. Processo, de acordo com a reivindicação 11, onde a referida fase contínua compreende pelo menos um agente tensoativo de alto HLB e pelo menos um agente tensoativo de baixo HLB, onde o referido pelo menos um agente tensoativo de alto HLB tem um número HLB de pelo menos cerca de 8, e onde o referido pelo menos um agente tensoativo de baixo HLB tem um número de HLB menor do que cerca de 6.

17. Processo, de acordo com a reivindicação 11, onde o referido polímero é formado por meio de polimerização por emulsão de metacrilato de 2-etil hexila.

18. Processo, de acordo com a reivindicação 1, onde o referido redutor de arraste tem uma taxa de dissolução de hidrocarboneto constante de pelo menos cerca de $0,004 \text{ min}^{-1}$ e, querosene a $20 \text{ }^\circ\text{C}$.

19. Processo, de acordo com a reivindicação 1, onde o referido

reductor de arraste tem uma taxa de dissolução de hidrocarboneto constante de pelo menos cerca de $0,01 \text{ min}^{-1}$ e, querosene a $40 \text{ }^\circ\text{C}$.

5 20. Processo para produção de um fluido contendo hidrocarboneto a partir de uma formação subterrânea, o referido processo compreendendo:

(a) o transporte de um látex reductor de arraste descendentemente para um ponto de injeção localizado a pelo menos cerca de 170 metros abaixo da superfície do solo;

10 (b) a introdução do referido latex reductor de arraste em um fluido contendo hidrocarboneto em tal ponto de injeção para lá formar um fluido tratado que compreende o referido látex reductor de arraste e o referido fluido contendo hidrocarboneto; e

(c) o transporte de pelo menos uma porção do referido fluido tratado ascendentemente em direção à superfície do solo.

15 21. Processo, de acordo com a reivindicação 20, onde o referido transporte da etapa (a) inclui transportar o referido latex reductor de arraste através de uma passagem definida por um revestimento externo e uma tubulação interna de produção de um poço de produção e onde o referido transporte da etapa (c) inclui transportar pelo menos uma porção do referido líquido tratado ascendentemente através de tal tubulação de produção.

20 22. Processo, de acordo com a reivindicação 20, onde o referido transporte da etapa (a) inclui transportar pelo menos uma porção do referido latex reductor de arraste através de um duto de injeção com um diâmetro interno médio menor do que cerca de 6 cm (2,5 pol.).

25 23. Processo, de acordo com a reivindicação 22, onde o referido duto de injeção tem um comprimento de pelo menos cerca de 350 metros e tem um diâmetro interno médio de menos do que cerca de 2,5 cm (1 pol.).

30 24. Processo, de acordo com a reivindicação 22, onde o referido duto de injeção é pelo menos em parte disposto em um espaço anelar definido entre um revestimento externo e uma tubulação interna de produção de um poço de produção e onde o referido transporte da etapa © inclui o transporte de pelo menos uma porção do referido fluido tratado através de tal tu-

bulação de produção.

25. Processo, de acordo com a reivindicação 20, onde o referido látex redutor de arraste compreende partículas de polímero com um peso molecular médio ponderal de pelo menos cerca de 1×10^{-6} g/mol e um tamanho médio de partícula de menos do que cerca de 1,000 nm.

26. Processo, de acordo com a reivindicação 25, onde pelo menos cerca de 95 por cento das referidas partículas têm tamanhos de partícula na faixa de cerca de 10 a cerca de 500 nm.

27. Processo, de acordo com a reivindicação 20, onde o referido látex redutor de arraste tem uma taxa de dissolução de hidrocarboneto constante de pelo menos cerca de $0,004 \text{ min}^{-1}$ em querosene a $20 \text{ }^\circ\text{C}$.

28. Processo, de acordo com a reivindicação 20, onde o referido látex redutor de arraste tem uma taxa de dissolução de hidrocarboneto constante de pelo menos cerca de $0,01 \text{ min}^{-1}$ em querosene a $40 \text{ }^\circ\text{C}$.

29. Processo, de acordo com a reivindicação 20, onde o referido látex redutor de arraste compreende pelo menos um agente tensoativo de baixo HLB com um número HLB menor do que cerca de 6 e pelo menos um agente tensoativo de alto HLB com um número HLB maior do que pelo menos cerca de 8.

30. Sistema de produção para extração de um fluido a partir de uma formação subterrânea, o referido sistema de produção compreendendo:

um poço compreendendo uma tubulação de produção que se estende para dentro da referida formação subterrânea; e

um sistema de injeção de aditivo compreendendo uma fonte de aditivo e um caminho de passagem de aditivo, onde tal fonte de aditivo contém um aditivo que compreende um redutor de arraste, onde tal referido caminho de passagem se estende para dentro da tal formação subterrânea e é operacional para transportar o referido aditivo, onde tal referido caminho de passagem inclui uma abertura de descarga para descarregar pelo menos uma porção de tal aditivo para fora de tal caminho de passagem, onde a referida abertura de descarga está localizada pelo menos a cerca de 170 metros abaixo da superfície do solo.

31. Sistema de produção, de acordo com a reivindicação 30, onde o referido caminho de passagem é definido por um duto de aditivo alongado.

5 32. Sistema de produção, de acordo com a reivindicação 31, onde o referido duto de aditivo tem um diâmetro interno médio de menos do que cerca de 6 cm (2,5 pol.).

10 33. Sistema de produção, de acordo com a reivindicação 31, onde o referido duto de aditivo tem um comprimento de pelo menos cerca de 350 metros e um diâmetro interno médio de menos do que cerca de 2,5 cm (1 pol.).

34. Sistema de produção, de acordo com a reivindicação 31, onde o referido poço ainda compreende um revestimento e onde o referido duto de aditivo está disposto entre o referido revestimento e a referida tubulação de produção.

15 35. Sistema de produção, de acordo com a reivindicação 30, onde o referido poço ainda compreende um revestimento e onde o referido caminho de passagem de aditivo é definido entre a referida tubulação de produção e o referido revestimento.

20 36. Sistema de produção, de acordo com a reivindicação 35, onde o referido sistema de injeção de aditivo inclui um dispositivo de selagem com válvula disposto no referido caminho de passagem de aditivo e onde tal dispositivo de selagem com válvula é operável para controlar o escoamento de fluido através do referido caminho de passagem.

25 37. Sistema de produção, de acordo com a reivindicação 36, onde o referido dispositivo de selagem com válvula é uma válvula de injeção de gás (gas lift valve).

38. Sistema de produção, de acordo com a reivindicação 30, onde o referido fluido compreende óleo bruto.

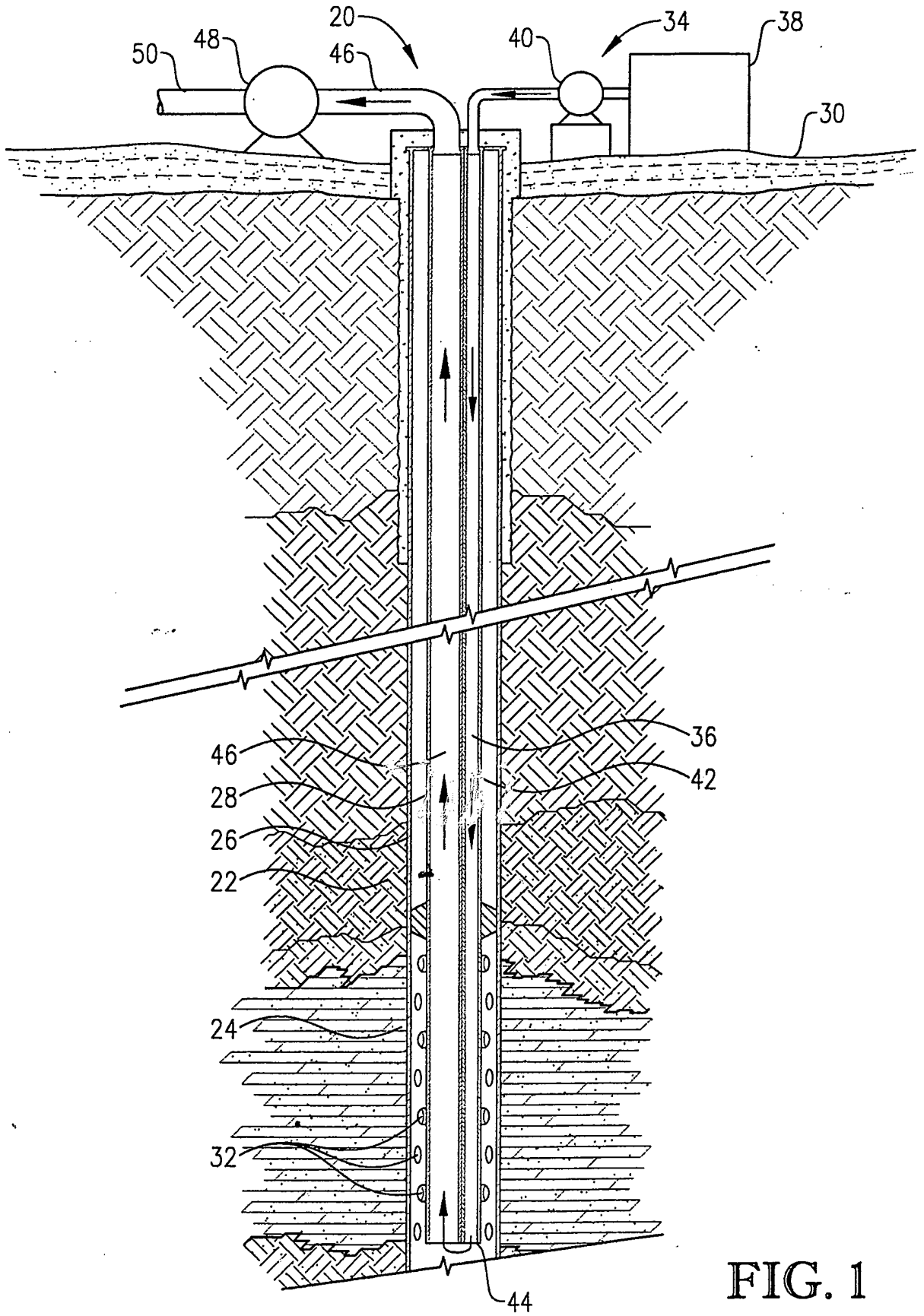


FIG. 1

2/10

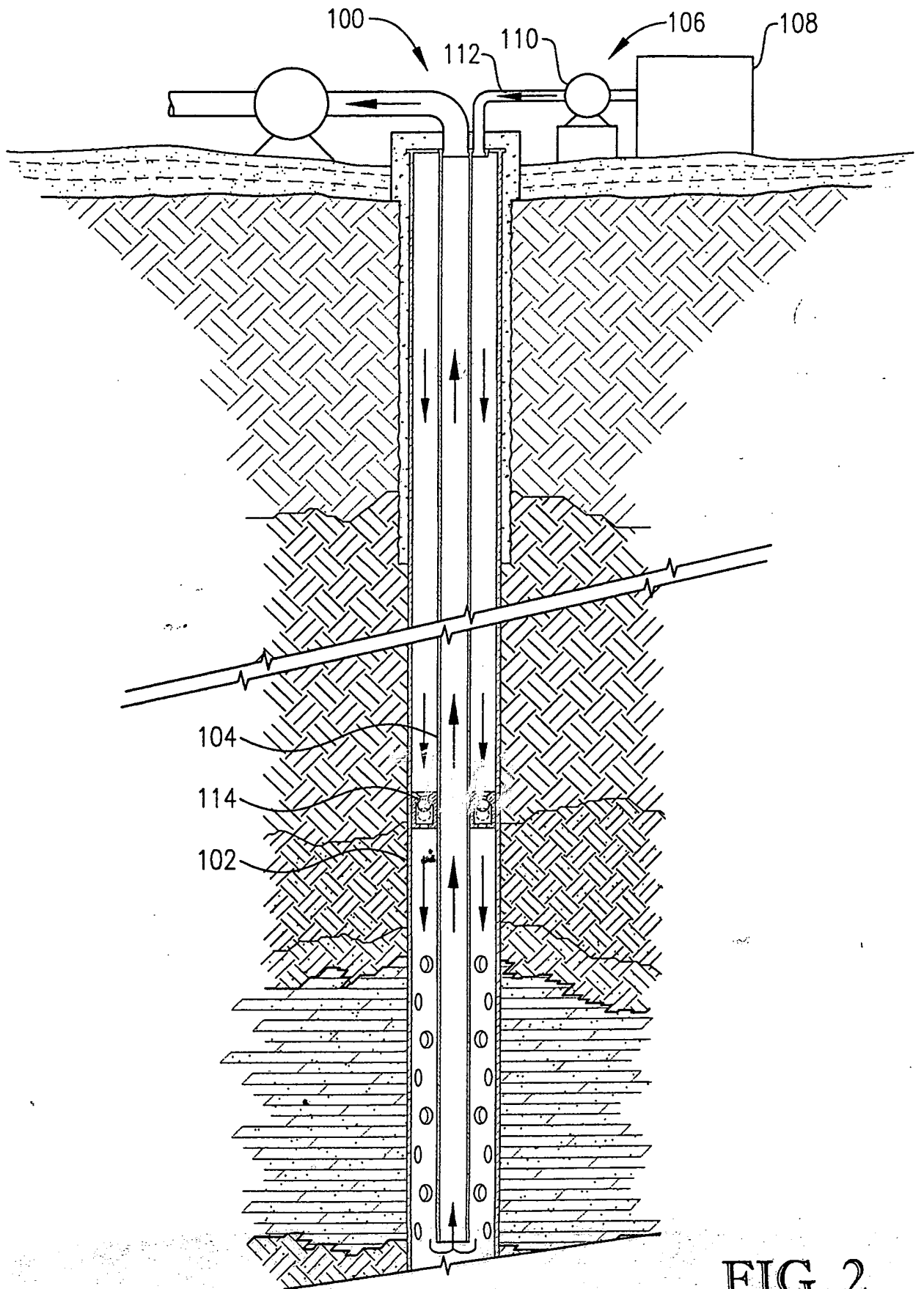


FIG. 2

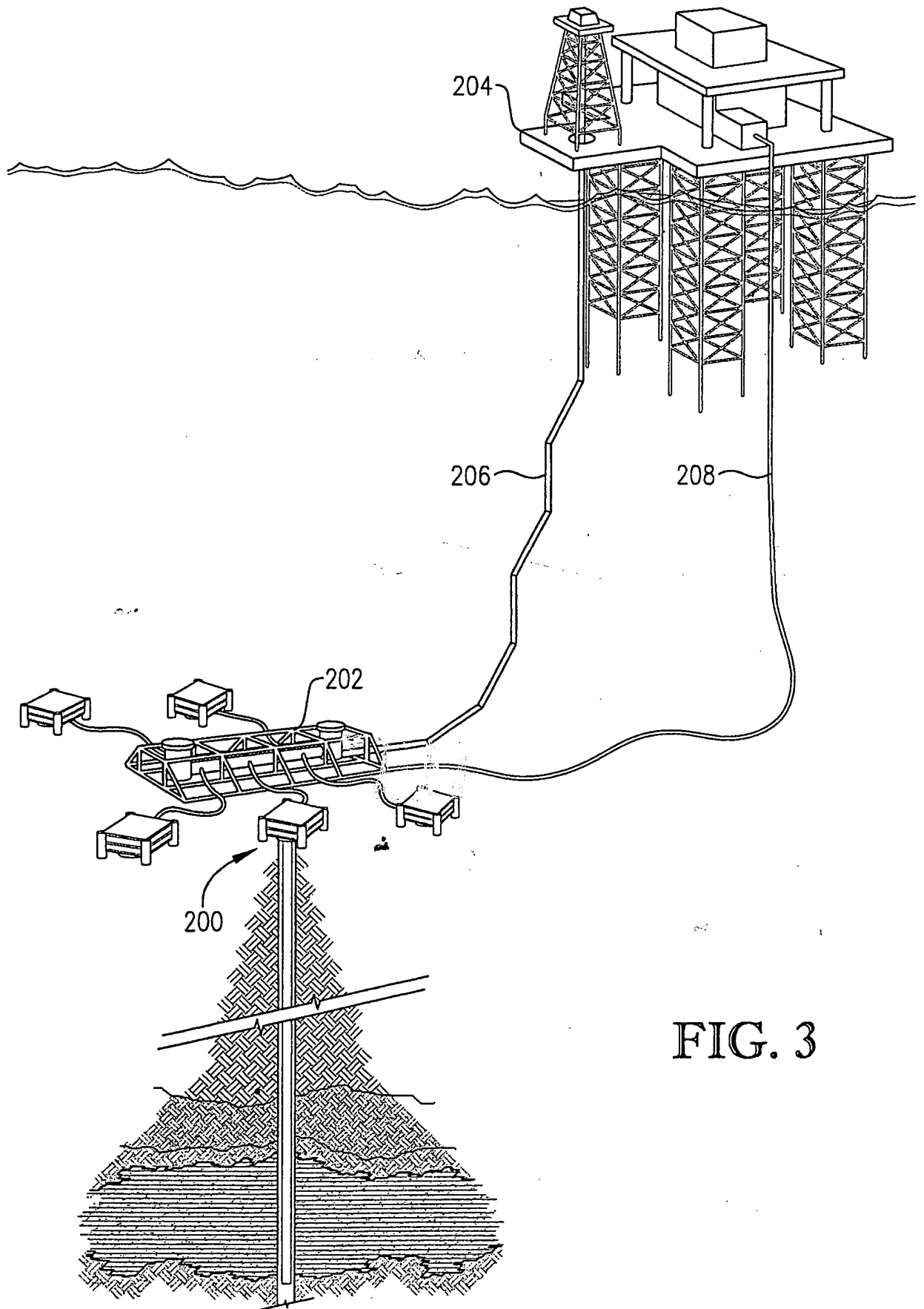


FIG. 3

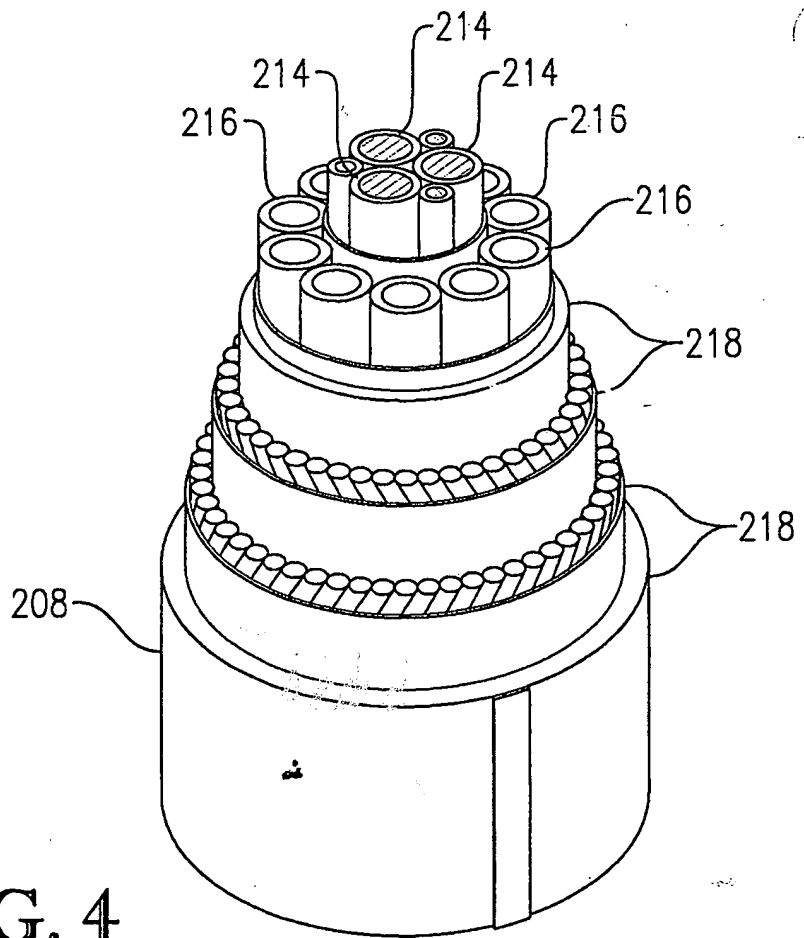


FIG. 4

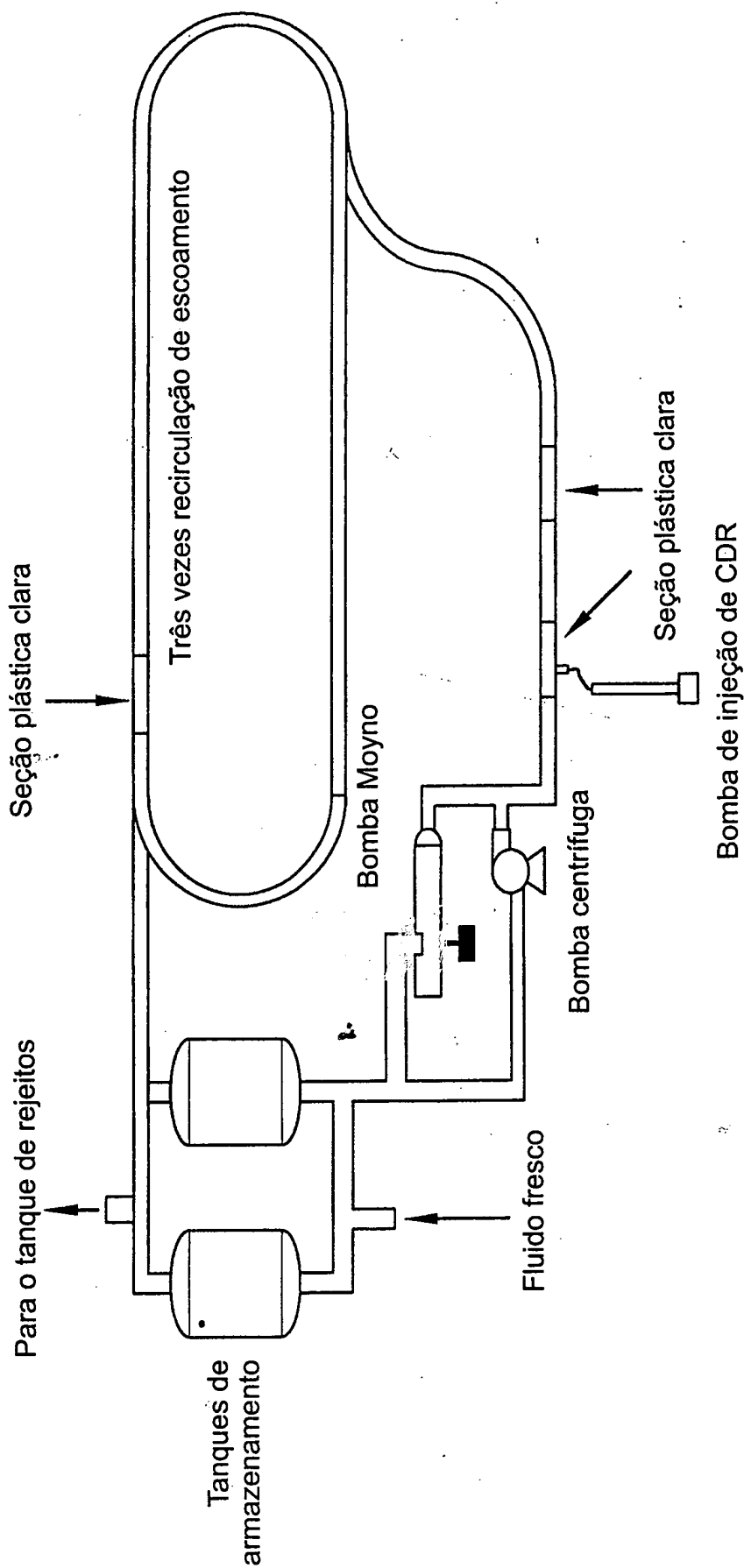


FIG. 5

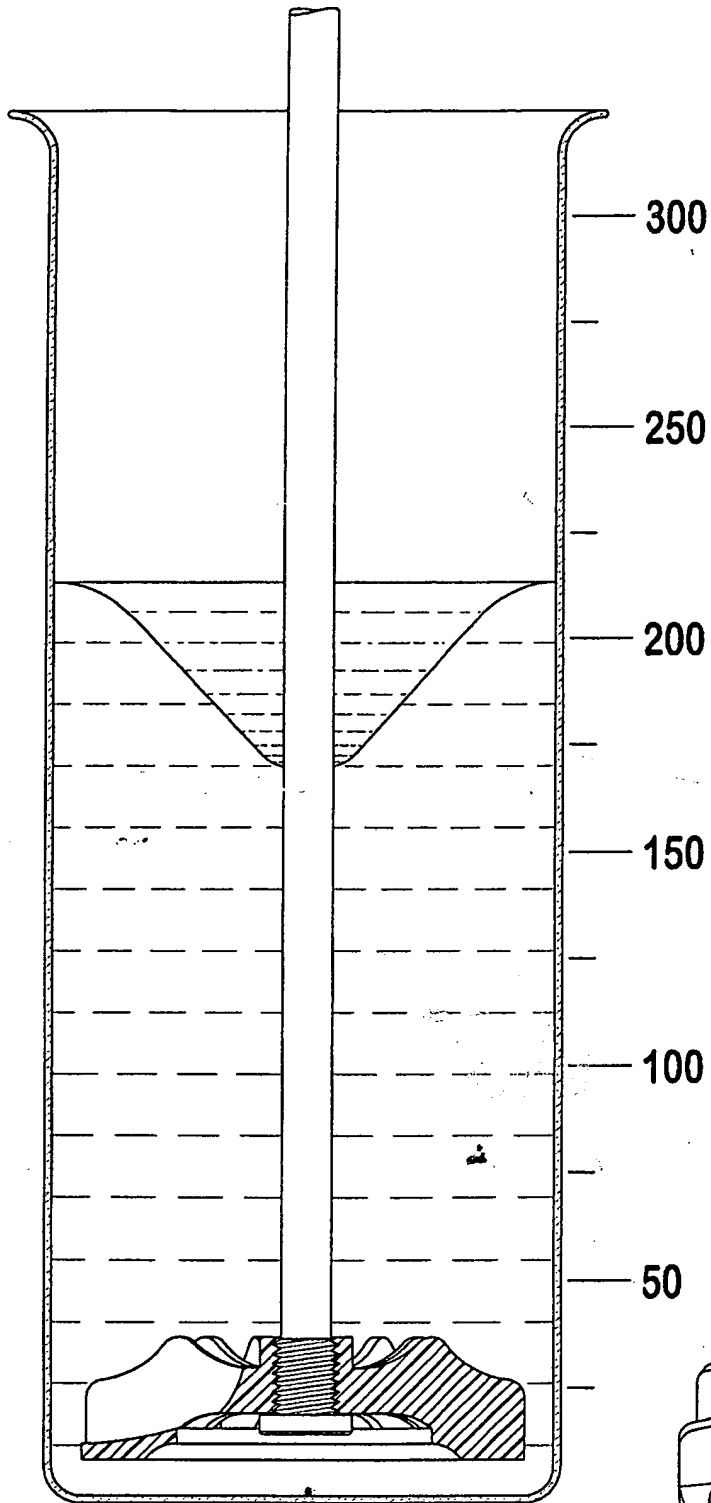


FIG. 6

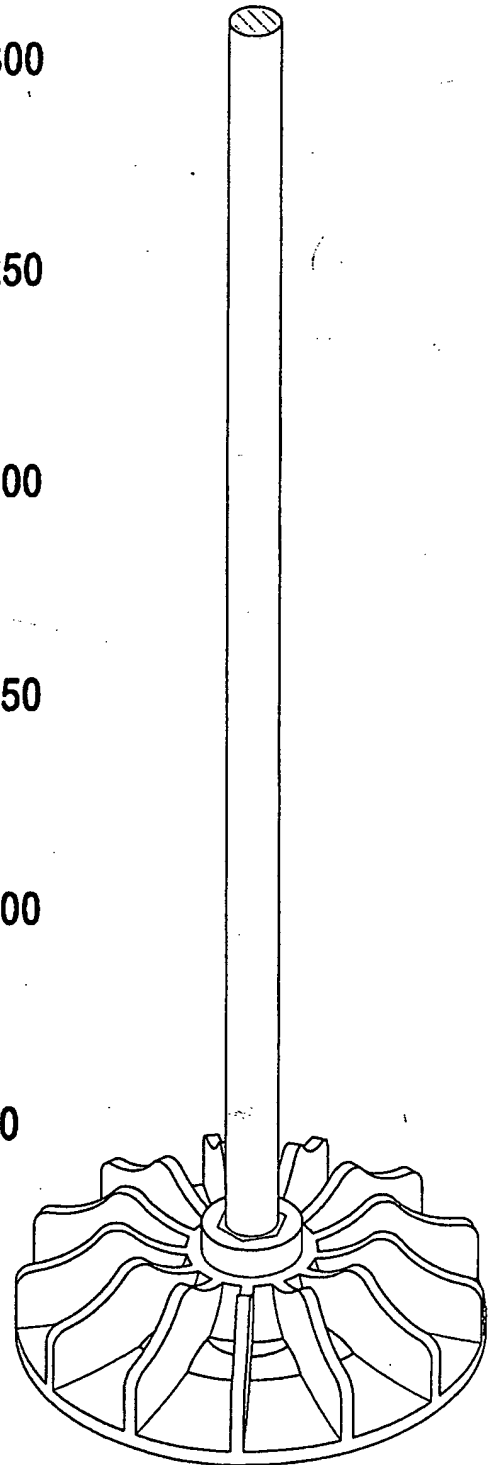


FIG. 7

7/10

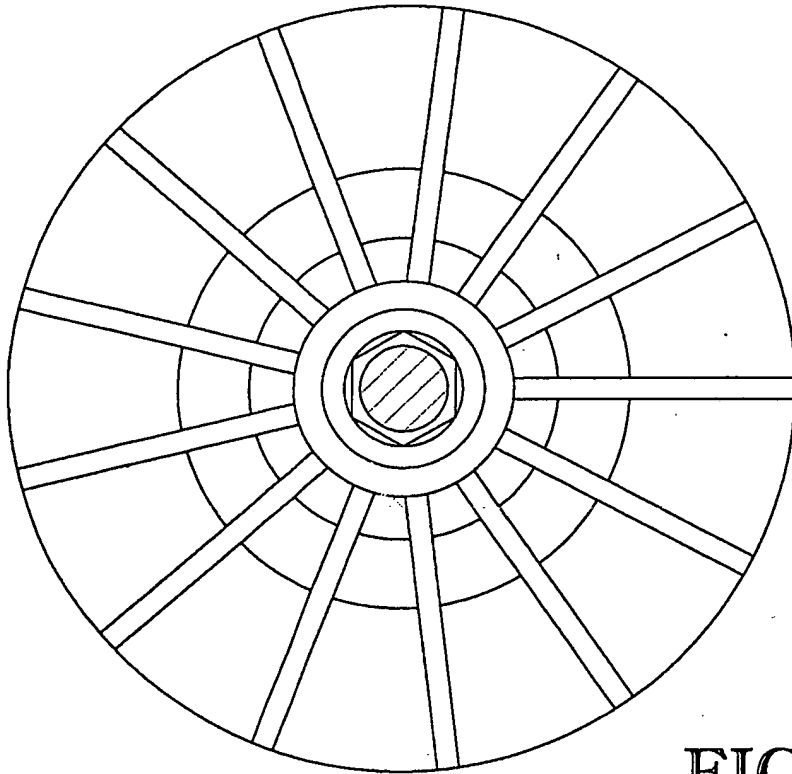


FIG. 8

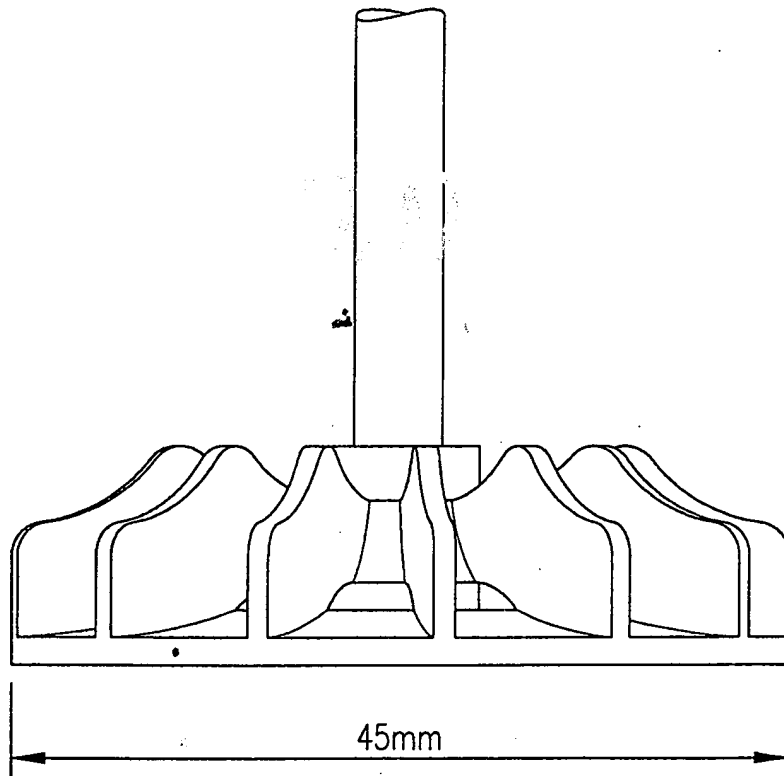
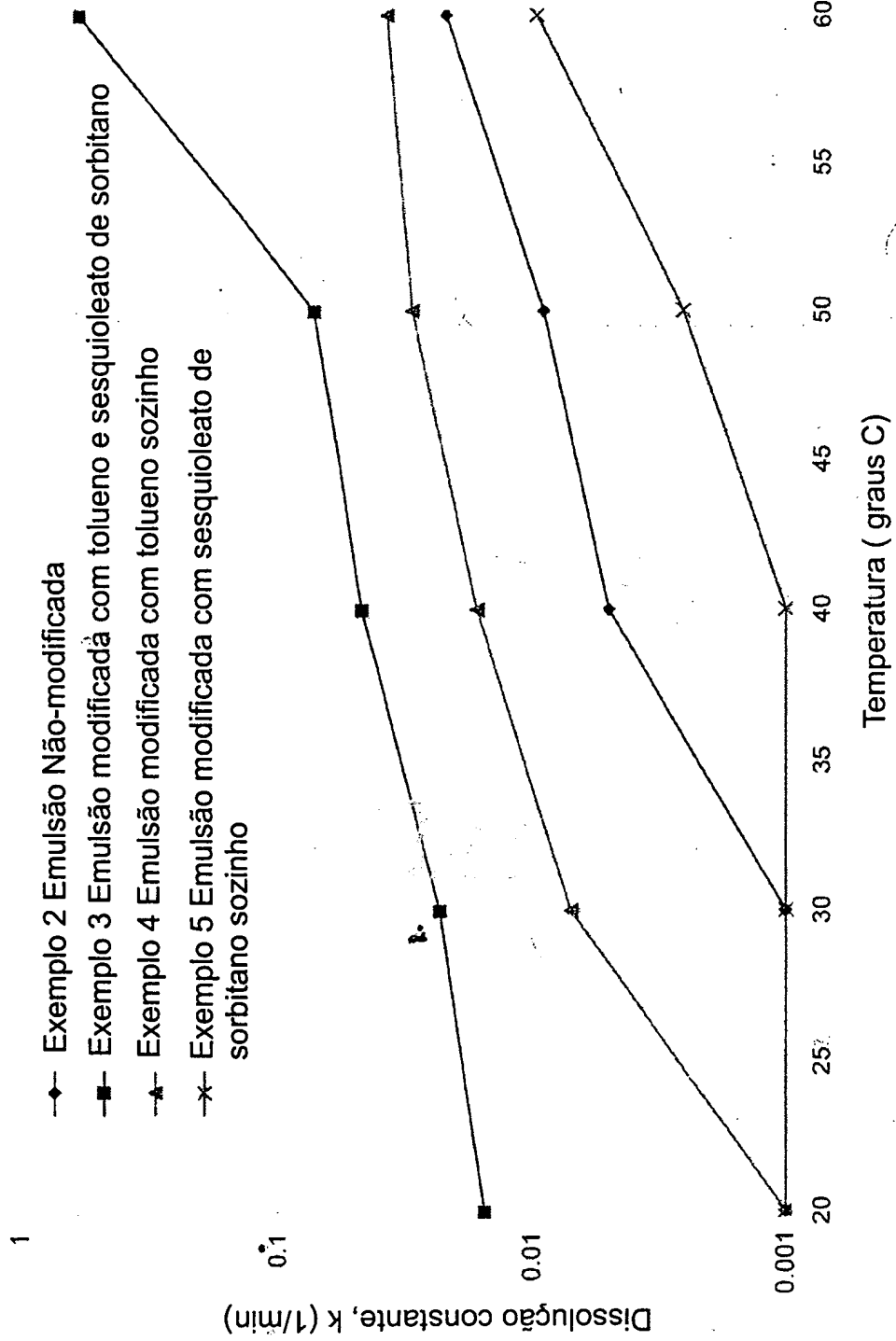


FIG. 9

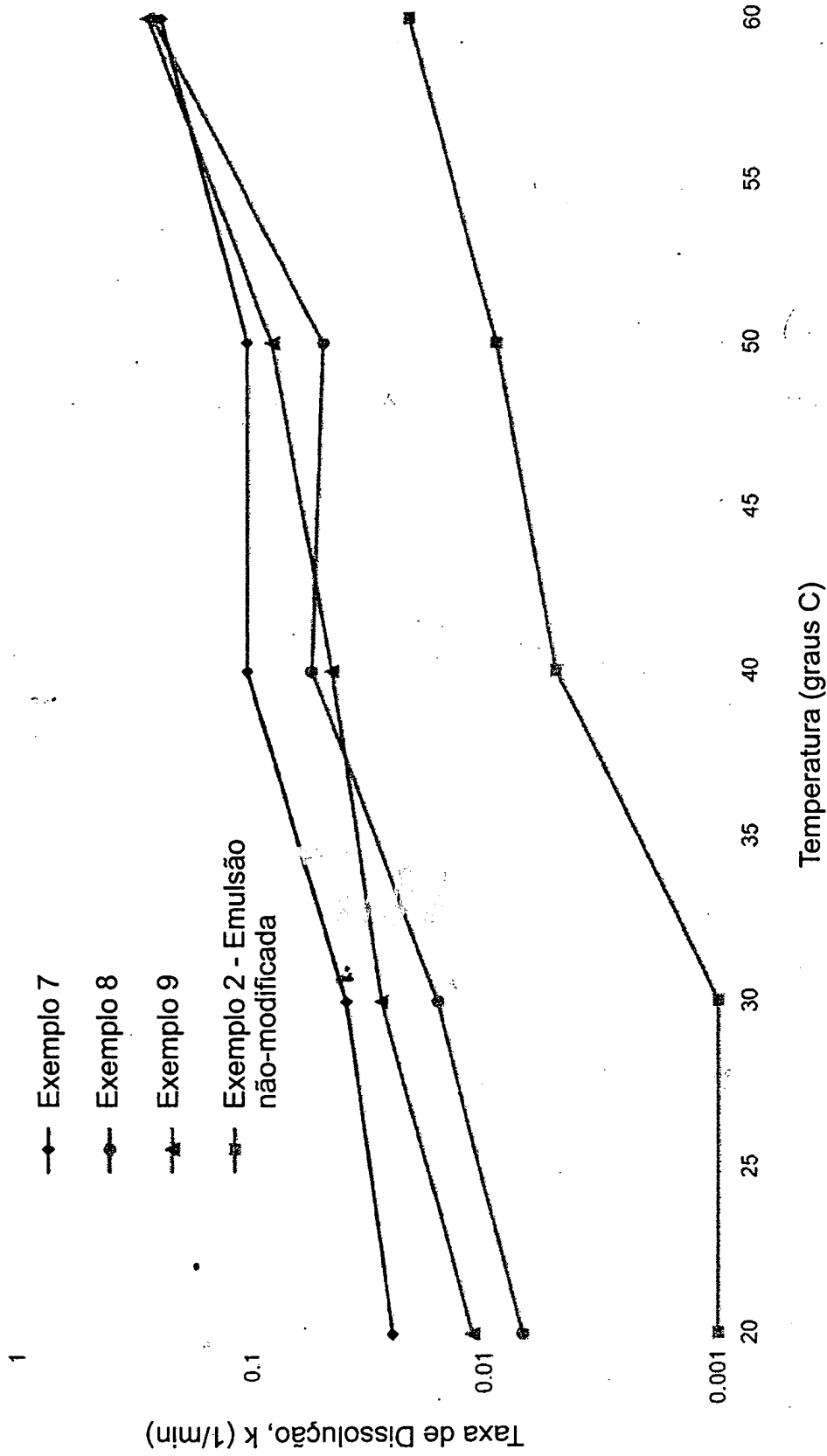
Taxa de dissolução de Emulsões modificadas
500 ppm de concentração de polímero



Nota: Valores menores do que 0,001 são refletidos como 0,001 para facilidade de ilustração

FIG. 10

Taxa de dissolução vs Temperatura
500 ppm de polímero



Nota: Valores menores do que 0,001 são refletidos como 0,001 para facilidade de ilustração

FIG. 11

Porcentagem de redução de arraste vs Tempo de re-circulação
Emulsões modificadas com 3 ppm de polímero (Emulsão não modificada tem 5 ppm de polímero)

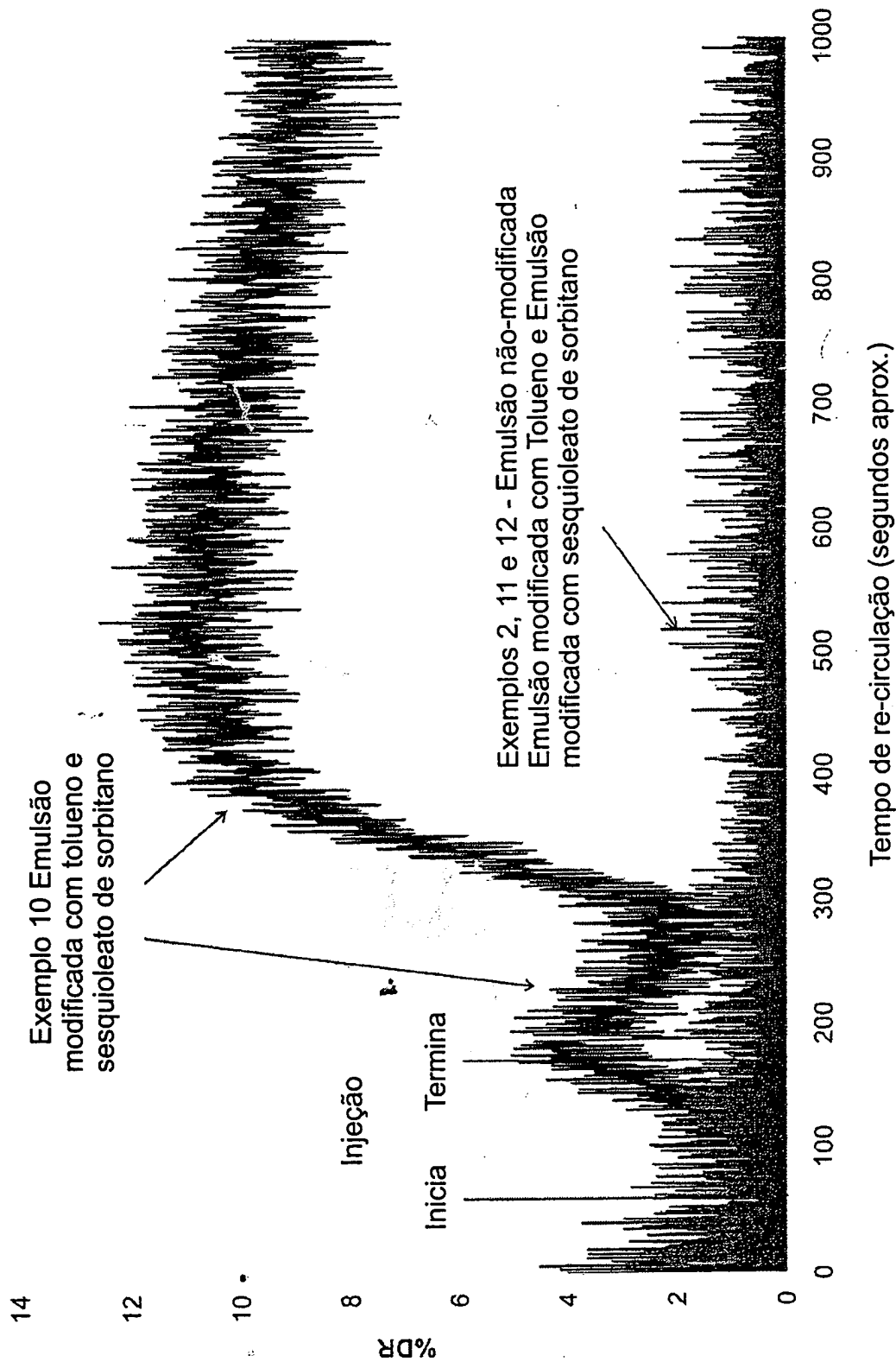


FIG. 12

RESUMO

Patente da Invenção: "**APRIMORAMENTO DE ESCOAMENTO DE FUNDO**".

A presente invenção refere-se a um sistema para redução da perda de carga associada a fluxo turbulento de fluidos através dos dutos localizados em locais remotos (por exemplo, fundo sob o solo e/ou fundo sob o mar). Uma tal redução na perda de carga é obtida pelo transporte de um redutor de arraste através de um longo duto de diâmetro pequeno e posteriormente injetando o redutor de arraste em um fluido hospedeiro no local remoto para preparar um fluido tratado. O fluido tratado é então extraído do local remoto via um duto de produção/transporte. A presença do redutor de arraste no fluido tratado reduz a perda de carga associada ao fluxo através do duto de produção/transporte.