



República Federativa do Brasil  
Ministério da Economia  
Instituto Nacional da Propriedade Industrial

**(11) PI 0906949-6 B1**



**(22) Data do Depósito: 15/01/2009**

**(45) Data de Concessão: 10/12/2019**

---

**(54) Título:** MEIO DE COALESCÊNCIA DE ÁGUA PARA SEPARAR ÁGUA DAS EMULSÕES DE ÁGUA E HIDROCARBONETOS DE COMBUSTÍVEIS E USO DO MESMO

**(51) Int.Cl.:** B01D 17/04; B01D 39/16; B01D 39/20.

**(30) Prioridade Unionista:** 16/01/2008 US 12/014,864.

**(73) Titular(es):** AHLSTROM-MUNKSJÖ OYJ.

**(72) Inventor(es):** CHRISTINE STANFEL; FRANK COUSART.

**(86) Pedido PCT:** PCT FI2009050033 de 15/01/2009

**(87) Publicação PCT:** WO 2009/090308 de 23/07/2009

**(85) Data do Início da Fase Nacional:** 14/07/2010

**(57) Resumo:** MEIO DE COALESCÊNCIA DE ÁGUA PARA SEPARAR ÁGUA DAS EMULSÕES DE ÁGUA E HIDROCARBONETOS DE COMBUSTÍVEIS E USO DO MESMO Um meio de coalescência para separação de emulsões de água e hidrocarbonetos compreende uma folha de contacto com emulsão formada de: (a) pelo menos um componente do grupo que consiste de fibras naturais, fibras de celulose, fibras de base natural, e fibras de base celulósica, (b) pelo menos um componente do grupo que consiste de fibras fibriladas de alta área de superfície, material sintético de aumento de área de superfície, microfibras de vidro, e fibras de nanocerâmica funcionalizadas; e (c) pelo menos um componente do grupo que consiste de um aditivo de resistência a seco, e um aditivo de resistência a úmido, em que os componentes fibrosos do meio constituem pelo menos cerca de 70% do meio. Nas concretizações preferidas, os meios de coalescência compreendem fibras kraft, fibras de liocel fibriladas, microfibras de vidro ou fibras de nanocerâmica funcionalizadas, um aditivo de resistência a úmido, e um aditivo de resistência a seco. Preferentemente, o meio de coalescência é formado como uma única camada autosustentada a partir de um processo de deposição a úmido utilizando-se um suprimento depositado a úmido, distribuído de (...).

**MEIO DE COALESCÊNCIA DE ÁGUA PARA SEPARAR ÁGUA DAS  
EMULSÕES DE ÁGUA E HIDROCARBONETOS DE COMBUSTÍVEIS E  
USO DO MESMO**

Campo da Invenção

5                    Refere-se a presente invenção a um meio seme-  
lhante a folha que separa emulsões de hidrocarbonetos e  
água. Ela refere-se com particularidade à separação de  
emulsões de água e hidrocarbonetos onde o hidrocarboneto  
contém altos níveis de tensoativos e biodiesel. Como  
10 tal, ela tem aplicabilidade direta para o uso em sistemas  
de coalescência projetados para a desidratação de com-  
bustível.

Antecedentes da Invenção

15                    Uma emulsão é uma mistura de dois líquidos imis-  
cíveis, onde um líquido fica em suspensão no outro na  
forma de pequenas gotículas. O termo imiscível indica a  
presença de uma barreira energética à criação de uma  
interface. Não existe codissolução das fases separadas.  
A barreira energética manifesta-se na forma de tensão  
20 interfacial,  $\gamma$ , entre os dois líquidos. A Energia Livre  
de Gibbs,  $G$ , do sistema aumenta com a formação de inter-  
face,  $\delta\sigma$  tal como se encontra expresso na Equação 1 em  
seguida.

$$\delta G = -S\delta T + V\delta p + \gamma \delta\sigma \quad (\text{Eq.1})$$

25                    onde  $\delta\sigma$  é a mudança na área de superfície

Uma emulsão é formada quando energia é aplicada  
ao sistema. As fontes de energia incluem mistura, aque-  
cimento, bombeamento, aquecimento, e transferência de

fluido. A energia absorvida permite que gotículas se rompam e a área de superfície da interface líquido para líquido aumente a partir da sua menor dimensão, uma única superfície entre duas camadas de volume, para uma dimen-  
5 são muito maior, uma multiplicidade de superfícies entre gotas de um líquido em suspensão em uma fase contínua do outro líquido. Quanto mais alta for a energia absorvida, mais elevada será a área de superfície das gotas emulsio-  
nadas, e menor a dimensão da gota.

10 Uma emulsão é um estado de energia elevada, e como tal, sem entrada de energia contínua, descontraí-  
se-á para a configuração de área de superfície mais baixa das duas fases separadas de massa, separadas por uma única interface. Para uma emulsão se descontraí-  
15 gotas devem encontrar-se umas com as outras, colidir e coalescer para uma gota maior. Este processo é cinético e a sua velocidade está sujeita a fatores que mudam a barreira de energia para coalescência.

A necessidade de separar emulsões de água e hi-  
20 drocarbonetos é ubíqua; afetando historicamente uma ampla sucessão de indústrias. A técnica anterior para a separação de emulsões de água e hidrocarbonetos inclui sistemas que se baseiam em elementos simples ou múltiplos, novos padrões de fluxos, câmaras de destilação, placas  
25 metálicas paralelas, fios orientados, mecanismos de inserção de gás, e carga eletrostática. O equilíbrio dos sistemas de separação emprega um elemento que contém um meio de coalescência poroso, fibroso, através do qual se

faz passar e separar a emulsão. Independentemente da concepção do sistema, todos os sistemas de separação de água e hidrocarbonetos visam a coleta das gotas emulsio-  
nadas em estreita proximidade para facilitar a coales-  
cência. A coalescência e subsequente separação decor-  
rente das diferenças de densidade entre a água e os hi-  
drocarbonetos constituem o mecanismo por trás de todos  
os sistemas de separação.

O meio de coalescência poroso, fibroso, da téc-  
nica anterior, induz a separação de emulsão em aplicações  
de fluxo direto através do mesmo mecanismo geral, inde-  
pendentemente da natureza da emulsão. O meio de coales-  
cência apresenta à fase descontínua da emulsão uma su-  
perfície energeticamente dissimilar da fase contínua.  
Desta forma, a superfície do elemento serve para concor-  
rer com a fase contínua da emulsão para a fase descontínua  
ou de gotículas da emulsão. Quando a emulsão entra em  
contacto com o meio de coalescência e progride através  
do mesmo, as gotículas dividem-se entre a superfície só-  
lida e a fase contínua. As gotículas que são adsorvidas  
sobre a superfície do elemento sólido movimentam-se ao  
longo das superfícies das fibras e, em alguns casos,  
molham a superfície da fibra. Na medida em que mais  
emulsão flui através do elemento, a fase descontínua ad-  
sorvida encontra outras gotículas associadas com o ele-  
mento e as duas coalescem. O processo de migração e  
coalescência das gotas prossegue na medida em que a emul-  
são se movimenta através do elemento. Um meio de

coalescência é bem-sucedido para romper uma determinada emulsão se a fase descontínua preferencialmente adsorver ou se for repelida e, no ponto de saída proveniente do elemento, a fase de gotícula tiver coalescido para a  
5 forma de gotas suficientemente grandes. As gotas separaram-se da fase contínua como uma função das diferenças de densidades entre os líquidos envolvidos. Um meio de coalescência não é bem-sucedido para o rompimento de uma emulsão na eventualidade de, no ponto em que saem do  
10 elemento, as gotas permanecerem suficientemente pequenas ao ponto de continuarem a ser arrastadas pela fase contínua e não se separarem.

Os elementos da técnica anterior empregaram fibras com energia de superfície adaptada à fase descontínua. Fibras hidrófilas, tais como de vidro ou nylon, são  
15 usadas para coalescer gotículas de água fora das fases contínuas de hidrocarbonetos. Fibras hidrófilas, tais como de estireno ou uretano encontraram uso para a coalescência de gotículas de hidrocarbonetos fora da água.  
20 Utilizou-se vidro e metal para coalescer óleo, enquanto foram usados poliéster e PTFE para coalescer água. Nestes casos, é requerida a formação de múltiplas interfaces entre a fase descontínua e a fase sólida. Esta é uma condição energeticamente desfavorável para a fase de gotícula.  
25 Por causa disto, as gotas adotam a configuração de energia mais baixa e são coletadas na superfície do elemento. Quanto mais emulsão flui através do elemento, mais gotas são coletadas.

Exemplos da técnica anterior incluem a patente U.S. 3.951.814 de Krueger que expõe um separador por gravidade com meios na forma de folhas enroladas ou discos empilhados que consistem em fibras de vidro, etileno, propileno ou estireno. A patente U.S. 6.569.330 de Spren-  
5 ger e Gish expõe um cartucho de coalescência de filtro que consiste em duas camadas de meios plissados dispostos em um receptáculo concêntrico e que consiste de fibra de vidro que pode conter dois diâmetros diferentes. A pa-  
10 tente U.S. 6.332.987 de Whitney *et al.* expõe um meio de coalescência que incorpora estruturas porosas que envolvem um envoltório que consiste em poliéster. As patentes U.S. 5.454.945 e 5.750.024 de Spearman expõem um elemento de filtro de coalescência cônico que consiste em um meio  
15 plano, pregueado, de fibras orientadas aleatoriamente de vidro, polímero, cerâmica, celulose, metal, ou ligas de metais. A patente U.S. 4.199.447 de Chambers e Walker expõe a coalescência de emulsões de óleo em óleo-água pela passagem da emulsão através de uma estrutura fibrosa  
20 com partículas de sílica revestidas de silano finamente dividido aderentes à sua superfície. A patente U.S. 4.199.447 de Kuepper e Chapler expõe um aparelho de coalescência de óleo e água residual com elementos de coalescência tubulares que consistem em tecido oleofílico, algodão, polipropileno, e pano tecido a partir de fibras  
25 naturais e sintéticas que podem incluir filamentos metálicos. A patente U.S. 5.997.739 de Clausen e Duncan, expõe um separador de combustível/água que contém um

elemento o qual consiste em um meio de coalescência que é uma meia flexível, uma malha de nylon, ou elemento de pano. A patente U.S. 5.993.675 de Hagerthy expõe um separador de combustível e água para motores marítimo e diesel que contém um elemento de filtro microfibroso construído de vários tipos de fibras poliméricas.

Outros exemplos da técnica anterior incluem a patente U.S. 5.928.414 de Wnenschak *et al.*, a qual expõe um meio de filtro capaz de ser limpo constituído de camadas de PTFE expandido, bem como feltro de aramida não tecido e de poliéster ligado por fiação. A patente U.S. 4.588.500 de Sprenger e Knight expõe um desidratador de combustível projetado para fechamento de combustível que é dotado de camadas de folhas de celulose e fibra de vidro enroladas em torno de um tubo poroso. A patente U.S. 4.372.847 de Lewis expõe um conjunto para remover contaminantes a partir de fluído que inclui um cartucho desmulsonador que contém meio de celulose tratado hidrófobo dobrado ou fibra de vidro. A patente U.S. 5.225.084 de Assmann expõe um processo para a separação de dois componentes orgânicos imiscíveis utilizando um leite fibroso que consiste em fibras de vidro ou uma mistura de fibras de vidro e de metal. A patente U.S. 5.417.848 de Erdmannsdörfer *et al.*, expõe um separador de coalescência com um meio de coalescência mutável que contém material de fibra micro fina. A patente U.S. 6.422.396 de Li *et al.*, expõe uma concepção de dispositivo de coalescência para hidrocarbonetos que contém

tensoativos compreendido de pelo menos três camadas de meios hidrófobos poliméricos que incluem polipropileno e poliéster. A patente U.S. 6.042.722 de Lenz expõe um separador simples para remoção de água a partir de vários combustíveis, incluindo diesel e combustível de jato. As 5 patentes U.S. 6.203.698 e 5.916.442 de Goodrich expõem o uso de meios de filtro hidrófobo para rejeitar água no lado de montante do filtro. A patente U.S. 5.993.675 de Hagerthy expõe o uso de microfibras emaranhadas, as quais 10 são impermeáveis à passagem de água, mas que permitem ao combustível fluir através das mesmas. A patente U.S. 7.285.209 de Yu *et al.*, expõe uma aparelhagem para remover água emulsionada a partir de um tensoativo que contém hidrocarbonetos utilizando-se um primeiro filtro para ex- 15 trair tensoativos partir do hidrocarboneto feito de nylon, poliéster, difluoreto de polivinilideno, ou polipropileno, e um segundo filtro de fluxo cruzado em cartuchos enrolados em espiral, cartuchos tubulares, ou cartuchos de fibra ocos feitos a partir de membrana de polilitetrafluoroetileno. 20

A partir do exposto, é evidente que inovação na área da coalescência e separação freqüentemente envolvem sistemas de separação completa. Os sistemas envolvem múltiplos tipos de meios, múltiplos elementos de meios, 25 e múltiplas camadas de meios. A inovação freqüentemente refere-se ao acondicionamento dos meios e fluência da emulsão de novas maneiras. O inconveniente desta abordagem é a complexidade, que se traduz diretamente nos

custos de manufatura e de matéria-prima. Os mesmos fatores que dão origem à complexidade e custo aumentado, também limitam a aplicabilidade universal da solução. As novas soluções invariavelmente referem-se a um único ou  
5 extremamente limitado conjunto de concepções de filtros de coalescência. O que está ausente da técnica anterior é um meio de rolo simples capaz de promover a separação de água a partir de hidrocarbonetos que seja universalmente compatível com os sistemas de separação já em uso  
10 e as tecnologias de conversão de artigos.

Além disso, os hidrocarbonetos, particularmente os combustíveis diesel, cada vez mais são dosados com tensoativos. Os tensoativos entram na forma de aditivos de combustível tais como intensificadores de lubricidade  
15 e inibidores de ferrugem, bem como biodiesel. O biodiesel é uma mistura de ésteres metílicos de ácidos graxos derivados da esterificação de metanol de triglicérides de plantas e de animais. O aumento progressivo dos preços do petróleo bem como a pressão para o desenvolvimento de  
20 fornecimento de combustível doméstico e redução ao mínimo da emissão de carbono fossilizado criaram condições tendentes à substituição dos hidrocarbonetos pelo biodiesel em várias aplicações no transporte, geração de energia e industrial. O biodiesel também demonstrou aperfeiçoar a  
25 lubricidade do combustível diesel, e como um resultado gerou incentivo adicional para o seu uso como um componente de mistura para o combustível Diesel de Teor de Enxofre Ultrabaixo de baixa lubricidade. Essas misturas

de hidrocarbonetos e agentes tensoativos criam condições onde os sistemas concebidos no passado para remover água dos hidrocarbonetos falham e permitem que 50-100% da água arrastada passe sem qualquer inibição através do sistema  
5 de separação para o uso final.

Os tensoativos promovem a formação de gotículas menores dentro das emulsões e estabilizam as emulsões contra a separação. Tensoativo é uma abreviatura para o termo "agente ativo de superfície". Os tensoativos são  
10 moléculas que contêm duas partes, uma conhecida como liofílica, ou atração por solvente, a outra como liofóbica, ou aversão a solvente. Nos casos onde a fase solvente é água, os termos tornam-se hidrófila e hidrófoba. No caso de uma emulsão, o solvente será uma fase contínua. Este  
15 acolhimento de duas afinidades em uma molécula transmite aos tensoativos as suas propriedades ativas de superfície. A fim de reduzirem ao mínimo a energia, os tensoativos alinham-se nas interfaces para permitirem que as duas partes da molécula fiquem situadas em um ambiente  
20 favorável. A presença de um tensoativo na interface de dois líquidos imiscíveis abaixa a tensão interfacial, e como um resultado, abaixa a energia requerida para a ruptura de gotícula formar uma emulsão (Eq.1). Na presença de uma interface sólido-líquido, o grupo liofóbico  
25 da molécula alinha-se no sólido, e o liofílico estende-se além da superfície. Os tensoativos dentro de uma emulsão também povoam as interfaces líquido-líquido. Neste caso, entretanto, existem centenas de metros

quadrados de superfície de interface gerados pela fase de gotícula. Em uma emulsão, os tensoativos alinham a metade liofóbica no sentido da gotícula, e estendem o grupo liofílico para fora na fase contínua. Isto cria

5 condições onde as gotículas são isoladas em relação à fase contínua pelo grupo liofílico e, através da interação dos grupos liofílicos, em relação às outras gotículas. Estes dois fatores colocam uma barreira energética ao relaxamento da emulsão para o seu estado de energia

10 mais baixa das duas fases de massa separadas. O esquema na **Figura 1** ilustra as interações de tensoativo que conduzem à estabilização de emulsão.

As propriedades de tensoativo discutidas anteriormente conduzem à falência dos meios da técnica anterior

15 e sistemas separadores de água da técnica anterior projetados para a separação das emulsões de água e hidrocarbonetos. Independente da concepção do separador, todos os separadores de água-hidrocarboneto funcionam pela provisão de uma superfície sólida na qual a fase descontínua da emulsão é desestabilizada, a fase descontínua é

20 misturada, e deixa-se assentar gravimetricamente fora da fase contínua. A fim de serem desestabilizadas, as gotículas da fase descontínua devem contactar a superfície sólida. Pela diminuição da energia da ruptura de gotícula, as dimensões de gotículas da emulsão na presença

25 dos tensoativos são consideravelmente menores. Isto cria as condições onde a dimensão da gotícula de fase descontínua é suficientemente pequena para passar através do

meio com contacto mínimo com a superfície do meio, evitando assim que a chave de desestabilização gerada por superfície tenha êxito na coalescência e separação. Além disso, pela estabilização das gotículas dentro da fase

5 contínua, os tensoativos interferem com a adsorção natural da fase contínua na superfície do meio. A superfície do meio deve concorrer com êxito com os componentes de uma emulsão. Pela estabilização das gotículas na fase contínua, os tensoativos baixam a energia da emulsão e

10 diminuem a probabilidade de que a fase de gotícula adsorva preferencialmente a superfície do meio. Finalmente, através da adsorção das superfícies de gotícula, os tensoativos mudam as características de superfície da fase descontínua. A desestabilização de emulsão pela super-

15 fície sólida é realizada através da sua energia de superfície. Através da adsorção para as superfícies sólidas, os tensoativos alteram as superfícies do meio e deste modo alteram drasticamente a natureza da interação entre a superfície e a fase descontínua. O resultado é

20 uma homogeneização de massa das energias do sistema que desarmam completamente a capacidade do meio de separação de emulsão da técnica anterior e os sistemas de separação de emulsão da técnica anterior.

A coalescência é uma separação baseada em adsor-

25 ção ou líquido-sólido. Para a separação ocorrer, as bases a serem separadas devem interagir com a superfície sólida. A divisão dos componentes de emulsão entre a superfície do meio sólido e o hidrocarboneto é promovida

pela minimização de energia livre (Eq.1). Um componente de emulsão associar-se-á com o meio sólido se essa interação abaixar a energia total do sistema. Sob temperatura e pressão constantes, a minimização de energia será promovida pelo termo  $\gamma_{sl}$ . Os componentes com uma baixa tensão interfacial sólido-líquido (alta afinidade para sólido) exibirão uma superfície de interação mais alta em comparação com os componentes com alta tensão interfacial sólido-líquido (baixa afinidade para sólido). A superfície de interação ou área de superfície, traduz-se em extensão de percurso disponível para esse trajeto do componente através da fase estacionária. A extensão de percurso promove o tempo de eluição a partir do meio. O tempo de eluição determina a eficiência de separação. Nas misturas difíceis de converter, onde existem apenas diferenças mínimas entre as fases a serem separadas, as diferenças de tempo de eluição são exageradas pelo aumento da extensão de percurso disponível. Em relação à separação de emulsão, os tensoativos interagem igualmente com o sólido, e podem ser separados das gotículas através de adsorção preferencial ao sólido. Este processo também promove a coalescência, quando as gotículas são desestabilizadas e propensas a colaescerem na ausência de tensoativo. Quanto maior for a superfície disponível para adsorção, mais alta a probabilidade de interação e desestabilização de emulsão bem-sucedida. Como um resultado, na separação baseada em adsorção, a área de superfície da fase estacionária é o único parâmetro de maior

importância para a separação bem-sucedida.

O meio de coalescência da técnica anterior não consegue separar as emulsões quando a interação sólido-líquido fundamental para a desestabilização da fase dispersa é interrompida. Dessa forma, o insucesso do meio da técnica anterior deriva da falha em conseguir interação suficiente com a superfície do meio. Esta insuficiência ocorre através de dois caminhos, dimensão de poro inapropriada e área de superfície insuficiente. Com relação à dimensão de poro, constatou-se que gotículas de água emulsionada em combustíveis diesel que contêm tensoativos com baixa tensão interfacial caem na faixa de 3,5 micrômetros, uma mudança drástica em relação à faixa de 10,0 micrômetros típica do combustível diesel e que-rosene sem tensoativos. Os meios da técnica anterior não são concebidos para capturar gotículas desta dimensão reduzida. Como um resultado, quando a fase de gotículas consiste em gotas de dimensão suficientemente pequena para escapar através dos meios com interação mínima com as superfícies dos meios, as gotículas não são aglutinadas e os meio de coalescência da técnica anterior falha.

Pela homogeneização das energias do sistema, os tensoativos também tornam insuficiente a área de superfície do meio de coalescência da técnica anterior. Nas emulsões estabilizadas por meio de tensoativos, existe interferência entre a fase de gotícula e a superfície do meio devido à adsorção de tensoativo nas interfaces líquido-líquido e sólido-líquido. Tal como descrito

anteriormente, a adsorção de tensoativo nas interfaces equaliza as energias de interação e requer extensão de percurso mais longa para resolução efetiva dos componentes de emulsão. As áreas de superfície dos meios da técnica anterior simplesmente não são suficientemente brandes para proporcionarem a extensão de percurso requerida para a separação. Por causa disto, quando proporcionados com uma emulsão de água-hidrocarboneto estabilizada com tensoativo, os meios da técnica anterior são facilmente engolfados e alterados pelos tensoativos adsorvidos, e a fase descontínua passa através dos meios não aglutinados. A falha dos elementos de coalescência comuns ocorre atualmente nos combustíveis que contêm tensoativos e biodiesel.

A necessidade de se interagir com êxito com dimensões de gotículas de fase descontínua abaixo de 5,0 micrômetros de diâmetro e a necessidade de se aumentar drasticamente a área de superfície põem as características dos meios em conflito com as necessidades de uso final, tais como permeabilidade e espessura. Os requisitos de taxa de fluxo constituem o impulsionador fundamental dos objetivos de permeabilidade e espessura. A separação é invariavelmente promovida se a velocidade através dos meios for diminuída para dar tempo de contacto máximo com a superfície. Isto, naturalmente, não pode ser acomodado pelo uso final que estipula fluxos de operação mínimos através do meio. Os requisitos de fluxo mínimo, por sua vez, impulsionam os objetivos de

permeabilidade para manutenção de quedas de pressão práticas sobre os meios. Os requisitos de fluxo determinam as velocidades através dos meios. As velocidades constituem um derivativo da área dos meios usados para uma determinada separação. Uma vez que elementos empregam meios plissados ou enrolados, a espessura dos meios determina a área dos meios que pode ser usada em uma determinada aplicação, e como tal, a velocidade da emulsão através dos meios. A separação é promovida pelos meios que podem realizar a separação sob a espessura ou bitola mais baixa.

Com relação à dimensão de poro, os poros dos meios da técnica anterior são freqüentemente excessivamente abertos para forçar interações entre gotículas e a superfície dos meios e gotículas escapam sem coalescer. Isto ocorre quando os tensoativos na emulsão abaixam a tensão interfacial e promovem a ruptura da gotícula para distribuições de dimensão de partícula menores. Os meios da técnica anterior carecem de dimensões de poros capazes de manusearem distribuições de dimensões de poros menores e, invariavelmente, fase descontínua não submetida a coalescência passa para o lado de aceitos do meio. Hipoteticamente, para interagir efetivamente com partículas pequenas, a permeabilidade dos meios da técnica anterior precisaria cair para níveis impraticáveis sob as velocidades nominais requeridas pelo uso final.

No caso de área de superfície insuficiente, a espessura dos meios da técnica anterior põe a separação

de emulsão em conflito com os requisitos de velocidade. O fator limitativo está amontoando a área de superfície necessária em uma folha ou folha de meios em camada que tem uma espessura realística e, uma vez mais, a permeabilidade requerida. Isto não é possível com os meios da técnica anterior. Os meios da técnica anterior são frequentemente espessos, tais como uma manta de vidro com uma bitola na faixa de 5 mm, e requerem suporte dimensional, tal como a malha de arame ou uma folha de celulose saturada de resina fenólica. Hipoteticamente, se os meios da técnica anterior fossem feitos para conter área de superfície suficiente para decompor uma emulsão complexa tal como uma emulsão de água e hidrocarboneto estabilizada por tensoativo, a espessura seria tão grande que somente pequenas quantidades seriam capazes de ser acondicionadas no alojamento do sistema de separação. Essa quantidade limitada de meios aumentaria drasticamente a velocidade através dos meios, inibindo a separação efetiva.

Devido às limitações dos meios da técnica anterior, a inovação na área da coalescência frequentemente envolve "sistemas" e não meios. Os sistemas envolvem múltiplos tipos de meios, múltiplos elementos de meios, e múltiplas camadas de meios. Tipicamente, os sistemas relacionam-se com acondicionamentos dos meios e escoamento da emulsão de várias maneiras para operar dentro das limitações da dimensão de poro - permeabilidade e área de superfície - espessura, compensação de

permeabilidade.

#### Sumário da Invenção

Na presente invenção, considera-se que a identificação de um bom meio de coalescência para a separação  
5 de emulsões de água-hidrocarboneto requiere um equilíbrio muito preciso de diversas características físicas diferentes no meio. Para bom contacto de interface com água, é desejável usar fibras que tenham baixa energia de adsorção aquosa, alta área de superfície, e uma elevação  
10 natural que desenvolva estrutura de poros quando as fibras são montadas. As fibras naturais e baseadas em celulose, tais como celulose, liocel, rayon, lã, e seda, têm estas propriedades, e é desejável, portanto, ter uma determinada quantidade de fibra natural e baseada em ce-  
15 lulose. Para aumentar a área de superfície, pode ser desejável também ter certa quantidade de fibras fibriladas de alta área de superfície ou materiais sintéticos de aumento de área de superfície. Constata-se que um determinado tipo de fibras funcionalizadas de nanocerâmica dotadas de uma área de superfície inerente extrema-  
20 mente alta obtém desempenho excepcional nos meios de separação de emulsão.

Outra propriedade desejável é ter uma densidade relativamente baixa da folha dotada de um volume mais  
25 alto (espessura) por área de superfície para permitir um desenvolvimento de poros e canais que promovam coleta de água e coalescência ao mesmo tempo em que deixam disponível uma área de superfície mais alta para contacto com

a água. Espessura de folha mais alta pode ser indicação de preservação de estrutura de poros, e inversamente prensar uma folha reduzirá a estrutura de poros e diminuirá o desempenho. Constatou-se que a combinação de  
5 fibras naturais e baseadas em celulose com outros materiais tais como fibras de vidro ou sintéticas poderá manter bio estrutura de poros ao mesmo tempo em que se forma uma folha de densidade mais baixa. A área de superfície mais alta das fibras naturais e baseadas em  
10 celulose sozinha não assegura que elas serão um bom separador de emulsão. Para aumentar-se a abertura de poro ao mesmo tempo em que se mantém baixa a densidade da folha, constata-se que é preferível um diâmetro de fibra de vidro menor no lugar de um diâmetro maior.

15 Outra propriedade desejável para boa separação de emulsão é que a dimensão de poro siga a dimensão de partícula de água esperada. As dimensões de partícula de água alteraram-se para dimensão menor com a adição de tensoativos aos hidrocarbonetos. Portanto, bons meios  
20 de coalescência devem ter uma dimensão de poro menor para interagir efetivamente com as gotas de água que são de dimensão menor do que, por exemplo, 3,5 micrômetros, quando observadas em emulsões de água de combustíveis diesel de baixa tensão interfacial. A dimensão de poro  
25 apropriada pode ser obtida pela seleção das combinações certas de fibras naturais ou baseadas em celulose e de fibras sintéticas ou de vidro de sustentação.

Para se combinarem estes constituintes em uma

folha capaz de ser dotada de boa estrutura e distribuição de poros, é desejável formar-se uma folha para contacto com emulsão como uma única camada seca a partir de um processo de deposição a úmido utilizando-se um suprimento de constituintes depositados a úmido, distribuídos homogeneamente, selecionados para proporcionarem alta área de contacto de superfície sem sacrificar a permeabilidade ou espessura para boa estrutura de poros. Para boa resistência da folha, também é desejável adicionar-se um aditivo de resistência a seco e/ou aditivo de resistência a úmido.

De acordo com a presente invenção, um meio de coalescência para separação de emulsões de água-hidrocarbonetos compreende uma folha de contacto com emulsão formada de:

(a) pelo menos um componente do grupo que consiste em: (1) fibras naturais, (2) fibras de celulose, (3) fibras de base natural, e (4) fibras de base de celulose;

(b) pelo menos um componente do grupo que consiste em: (1) fibras fibriladas de alta área de superfície, (2) material sintético de aumento de área de superfície, (3) microfibras de vidro, e (4) fibras funcionalizadas de nanocerâmica; e

(c) pelo menos um componente do grupo que consiste em: (1) um aditivo de resistência a seco, e (2) um aditivo de resistência a úmido,

em que os componentes fibrosos dos meios

constituem pelo menos cerca de 70% dos meios.

Em uma concretização, o meio de coalescência contém cerca de 70% de fibras kraft e cerca de 28% de fibras de liocel fibriladas, um aditivo de resistência a úmido,  
5 e um aditivo de resistência a seco.

Em outra concretização preferida, o meio de coalescência compreende fibras kraft, fibras de liocel fibriladas, microfibras de vidro, um aditivo de resistência a úmido, e um aditivo de resistência a seco. Prefere-se  
10 com particularidade usar microfibras de vidro de 0,65 micrômetro.

Ainda em outra concretização preferida, o meio de coalescência compreende fibras kraft, fibras de liocel fibriladas, fibras funcionalizadas de nanocerâmica, um  
15 aditivo de resistência a úmido, e um aditivo de resistência a seco. Um tipo particularmente preferido de fibras funcionalizadas de nanocerâmica compreende fibras de vidro funcionalizadas de nanofibra de boemita Disruptor™ fabricadas pela Argonide Corporation, de Sanford,  
20 Florida.

Preferentemente, o meio de coalescência é formado como uma única camada auto-sustentável a partir de um processo de deposição a úmido utilizando-se um suprimento depositado a úmido, distribuído homogeneamente. Ele tam-  
25 bém pode ser formado como uma estrutura de várias camadas. Em uma concretização preferida, uma estrutura de duas camadas tem uma camada de montante que contém cerca de 67%, em peso, de fibras de vidro funcionalizadas de

nanocerâmica de aumento de área de superfície, cerca de 23% de fibras kraft, e cerca de 10% de fibras de liocel fibriladas, e uma camada a jusante que contém cerca de 80% de fibras de celulose e cerca de 20% de resina.

5 Os tipos e quantidades percentuais de constituintes são selecionados de maneira a proporcionarem área de superfície suficiente a dividirem plenamente os componentes de uma emulsão estabilizada por tensoativo sem sacrificar a permeabilidade ou espessura. O meio preferido é projetado para ter permeabilidade suficiente para  
10 permitir quedas de pressão nas aplicações de fluxo passante que sejam conciliáveis com os meios da técnica anterior. O peso básico e bitola do meio podem ser alterados de forma a atenderem a critérios de usos finais  
15 específicos; entretanto, constatou-se que o meio realiza a separação de emulsão com uma espessura tão baixa quanto 0,6 mm e um peso básico de 227 g/m<sup>2</sup>. Constatou-se que exemplos dos meios preferidos realizam a separação sob velocidades nominais tão altas quanto 1,219 cm/min, e  
20 realizam a separação em misturas de biodiesel tão elevadas quanto 40%. A folha depositada a úmido usada como o meio de coalescência também é suscetível de ser plissada e enrolada.

Outros objetivos, aspectos e vantagens da presente invenção serão expostos na descrição detalhada seguinte da invenção fazendo-se referência aos desenhos anexos.

#### Descrição Breve dos Desenhos

A **Figura 1** ilustra interações de tensoativos que conduzem à estabilização de emulsões.

A **Figura 2** é um gráfico comparando a capacidade de separação de emulsão de um meio da técnica anterior e do meio da invenção quando expostos a emulsão de água-B7.

A **Figura 3A** (à esquerda) ilustra a aparência de fluido a jusante de um meio da técnica anterior como nebuloso com emulsão separada de forma incompleta, quando comparada com a **Figura 3B** (à direita) que mostra a aparência do fluido a jusante do meio da invenção.

A **Figura 4** é um gráfico que mostra a capacidade de separação de emulsão do meio da invenção quando exposto a emulsão de água-B20.

A **Figura 5A** ilustra a aparência de fluido a jusante do meio da técnica anterior depois da separação de emulsão de água-B20, quando comparado com a **Figura 5B** que mostra a aparência do fluido a jusante depois da exposição ao meio da invenção.

A **Figura 6** é um gráfico que mostra a eficiência de remoção de água de um exemplo de duas camadas do meio da invenção em comparação com o meio de poliéster extrudado convencional quando exposto a uma emulsão de água-B5.

#### 25 Descrição Detalhada das Concretizações Preferidas

No sentido mais amplo, as concretizações preferidas na presente invenção referem-se a um meio de coalescência para separação de emulsões de água-

hidrocarboneto que compreendem uma folha de contacto com emulsão formada como camada seca única a partir de um processo de deposição a úmido utilizando-se um suprimento depositado úmido, distribuído homoganeamente, que consiste de dois ou mais componentes principais que são selecionados quanto aos tipos e quantidades percentuais para proporcionarem área de superfície de contacto com emulsão suficiente para separar plenamente os componentes de uma emulsão estabilizada por tensoativo sem sacrificar a permeabilidade ou espessura. Tal como é amplamente conhecido na indústria (e não descrito com maiores detalhes neste contexto), uma folha não tecida depositada a úmido pode ser produzida pelo fornecimento de uma pasta fluida de um suprimento depositado úmido para extrudar uma camada de suprimento em uma tela de formação de uma máquina de fabricar papel a úmido, então secar a camada drenada na tela de formação para uma folha seca. Na presente invenção, os dois ou mais constituintes do suprimento depositado a úmido são misturados de maneira a serem distribuídos homoganeamente no mesmo, de forma que a camada de suprimento é substancialmente uniforme. Muitos tipos diferentes e percentuais de quantidades de materiais podem ser usados para produzir o resultado pretendido, e, portanto, a combinação de constituintes preferidos para formar qualquer produto de meio de coalescência particular dependerá das características de desempenho pretendidas que são desejadas para o produto final.

De uma maneira geral, os componentes da folha concluída feita pelo processo depositado a úmido a partir do suprimento depositado a úmido distribuído homogeneamente são selecionados preferentemente de modo a consistir de: (1) até cerca de 80% de fibras de base natural ou baseadas em celulose, naturais; (2) até cerca de 50% de fibras sintéticas; (3) até cerca de 60% de fibras fibriladas de alta área de superfície; (4) até cerca de 70% de microfibras de vidro; (5) até cerca de 80% de um material sintético de aumento de área de superfície; (6) até cerca de 5% de um aditivo de resistência a seco, de papel depositado a úmido; (7) até cerca de 5% de um aditivo de resistência a úmido, de papel depositado a úmido; (8) até cerca de 30% de um componente de aumento de resistência; e (9) até cerca de 30% de resina aglutinante para a folha concluída, em que o percentual indicado significa o percentual do constituinte de peso seco da folha concluída. A quantidade percentual indica o percentual em peso do constituinte na folha concluída. Estes constituintes podem incluir, e sendo que não se fica limitado aos mesmos, os seguintes tipos de materiais recomendados:

1. 0-80% de fibras naturais, celulósicas, de base natural ou baseadas em celulose que incluem:
  - a. fibra de madeira macia, eucalipto ou Kraft de madeira dura
  - b. fibra Kraft reciclada
  - c. refugo de escritório reciclado

- d. fibra de madeira macia de sulfito, eucalipto ou madeira dura
- e. fibra de algodão
- f. fiapos de algodão
- 5 g. fibra mercerizada
- h. fibras de madeira macia ou de madeira dura qui-  
miomecânica
- i. fibra de madeira macia ou madeira dura termome-  
cânica
- 10 j. lã
- k. seda
- l. fibras de celulose regeneradas: rayon, viscose,  
liocel
- m. ácido poliláctico.
- 15 2. 0-50% de fibra sintética incluindo
  - a. fibra de poliéster da faixa de denier de 0,5 mi-  
crômetro até 13 dpf e faixa de comprimento de 3 mm até  
24 mm
  - b. fibra de Nylon 6 de faixa de denier de 0,5 mi-  
20 crômetro até 6 dpf e faixa de comprimento de 3 mm até 24  
mm
  - c. fibra de Nylon 66 com faixa de denier de 0,5  
micrômetro até 22 dpf e faixa de comprimento de 3 mm até  
24 mm.
- 25 3. 0-60% de fibra fibrilada de alta área de super-  
fície incluindo
  - a. fibra polimérica fibrilada
  - b. fibra de celulose modificada fibrilada

- c. fibra de celulose fibrilada
- d. fibra de liocel fibrilada
- e. polietileno e polipropileno fibrilados
- f. fibra de poliolefina fibrilada
- 5 g. fibra acrílica e de poliacrilonitrila fibrilada
- h. fibra de poli p-fenileno-2,6-bezobisoxazol (PBO)  
fibrilada
- i. álcool de polivinila fibrilada (PVA)
- j. concreto fibrilada
- 10 k. polpa de aramida Kevlar fibrilada.
- 4. 0-70% de microfibra de vidro incluindo
  - a. Vidro-A com diâmetro de fibra variando de 0,2 -  
5,5 micrômetros
  - b. Vidro-B com diâmetro de fibra variando de 0,2 -  
15 5,5 micrômetros
  - c. Vidro-C com diâmetro de fibra variando de 0,2 -  
5,5 micrômetros
  - d. Vidro-E com diâmetro de fibra variando de 0,2 -  
5,5 micrômetros.
- 20 5. 0-80% de aditivo de aumento de área de superfície  
incluindo
  - a. fibras contendo nanocerâmica ou nanovidro
  - b. sílica porosa ou não porosa, micro particulada ou  
micro esférica, não tratada, fumada, e/ou quimicamente  
25 modificada de maneira a ser dotada de grupos funcionais  
a partir do alquila linear, trimetila, alquila-carbamato,  
cicloexila, fenila, difenila, dimetilamino, amino, nitro,  
nitrila, oxipropionitrila, vic-hidroxila, fluoroalquila,

policaprolactama, polietoxilato, famílias hidrófoba e hidrófila, permutadora de íons, e de fase inversa tradicionais

5 c. alumina porosa ou não porosa, microparticulada ou micro esférica, não tratada, fumada, e/ou quimicamente modificada de maneira a ser dotada de grupos funcionais a partir do alquila linear, trimetila, alquila-carbamato, cicloexila, fenila, difenila, dimetilamino, amino, nitro, nitrila, oxipropionitrila, vic-hidroxila, fluoroalquila,  
10 policaprolactama, polietoxilato, famílias hidrófoba e hidrófila, permutadora de íons, e de fase inversa tradicionais

d. vidro micro particulado ou microesférico poroso ou não poroso

15 e. carbono ativado

f. carbono grafítico poroso

g. silicato de magnésio

h. dióxido de titânio

i. dióxido de zircônio

20 j. terra diatomácea

k. argila adsorvente, tal como terra de Fuller, montmorilonita, e esmectita

l. tectossilicatos pertencentes ao grupo de zeólitos tais como Zeólito A, Zeólito X, Zeólito Y, Zeólito ZSM-  
25 5, Zeólito LTL

m. carbonato de cálcio

n. partículas poliméricas porosas ou não porosas, microesferas, e géis com e sem sulfonato de alquila

benzeno, trialquil amônio de alquil benzeno, fluoroalquila, hidrófobos tradicionais, hidrófilos tradicionais, permutadores de íons, e funcionalização de fase inversa a partir de famílias que incluem:

- 5           i. fenol-formaldeído, tal como a série Duolite XAD
- ii. polistireno-divinil benzeno, tal como a serie Amberlite XAD
- iii. dextrano, tal como Sephadex G
- iv. agarose, tal como Sepharose
- 10          v. alil dextrose reticulada, tal como Sephacryl
- vi. divinil benzeno
- vii. poliamida
- viii. hidroxialquilmecrilato
6.          0-5% de aditivo de resistência a seco de papel
- 15       depositado a úmido tradicional incluindo
- a. amido catiônico derivado de batata, milho ou tapioca
- b. goma de guar derivada
- c. carboximetil celulose
- 20          d. polímeros de acrilamida aniônicos e anfóteros
7.          0-5% de aditivo de resistência a úmido de papel
- depositado a úmido tradicional
- a. resina de poliamida
- b. resina de poliamida-epicloridrina (PAE)
- 25          c. emulsão de íon resina
- d. sabão de resina
- e. anidrido alquilsuccínico
- f. dímero de alquilcetona

8. 0-30% de componentes de aumento de resistência que incluem
- a. fibras poliméricas bicomponentes de núcleo e bainha que consistem em um núcleo de poliéster com bainha de copoliéster.
  - b. fibras poliméricas bicomponentes de núcleo e bainha que consistem em um núcleo de poliéster com bainha de polietileno.
  - c. fibras poliméricas bicomponentes de núcleo e bainha que consistem em um núcleo de polipropileno com bainha de polietileno.
  - d. fibras poliméricas bicomponentes de núcleo e bainha que consistem em um núcleo de poliéster com bainha de polipropileno.
  - e. fibras poliméricas bicomponentes de núcleo e bainha que consistem em um núcleo de poliéster com bainha de sulfureto de polifenileno.
  - f. fibras poliméricas bicomponentes de núcleo e bainha que consistem em um núcleo de poliamida com bainha de poliamida.
  - g. aglutinante de látex de copolímero acrílico.
9. 0-30% de resina que é aplicada à folha concluída e satura a mesma.
- a. A resina de saturação pode ser proveniente das seguintes famílias poliméricas:
    - i. Resinas de formaldeído
      - 1. anilina-formaldeído
      - 2. melamina-formaldeído

3. fenol-formaldeído
  4. p-Toluenessulfonamida-formaldeído
  5. uréia-formaldeído
  6. fenila glicidil éter-formaldeído
  - 5 ii. Poli(Vinil éster)
    1. poli vinil acetato
    2. poli vinil acetilacetato
    3. poli vinil pivalato
    4. poli vinil benzoato
  - 10 iii. Álcool de Poli Vinila
    1. álcool de polivinila
    2. álcool acetílico de polivinila
    3. anidrido de álcool co-maléico polivinílico
  - 15 iv. Estireno Acrílico
  - v. Uretano Acrílico
- b. A resina de saturação pode conter aditivos hidrófobos provenientes das seguintes famílias:
- i. Silicone
  - 20 ii. Perfluoropoliéter
  - iii. Fluoroalquila.

Como uma combinação preferida de componentes que constituem o suprimento depositado a úmido na tela de formação, a camada seca única do meio de coalescência  
25 contém pelo menos três componentes dos seguintes tipos:  
0-80% de fibra kraft de madeira macia, 0-80% de fibra kraft de madeira dura, 0-80% de fibra kraft reciclada, 0-80% de fibra de madeira dura de sulfito, 0-50% de liocel

fibrilada, 0-30% de microfibra de vidro-B, 0-80% de fibra de nanocerâmica Disruptor™, 0-40% de meio de adsorção particulado (tal como sílica fumada, carbono ativado, silicato de magnésio, e micro esferas poliméricas porosas a partir de famílias de resina de fenol-formaldeído, tais como Duolite XAD 761, ou estireno-divinil benzeno, tais como Amberlite XAD 16HP, e 0-5% de resina de resistência a úmido e a seco. Além disso, a folha pode conter, percentagem em peso, 0-25% de resina que é aplicada e que satura a folha concluída. A resina de saturação pode ser obtida a partir das seguintes famílias poliméricas: fenólica, estireno acrílico, acetato de polivinila, álcool de polivinila, e acrílico modificado por uretano.

O meio inventado descrito neste contexto promove a separação de emulsões de água e hidrocarbonetos onde o hidrocarboneto contém altos níveis de tensoativos e/ou biodiesel porque ele combina área de superfície extremamente alta, superior a 200 m<sup>2</sup>/g, com uma estrutura de poros única a qual força a interação de líquido-sólido sem perda de permeabilidade drástica e com uma bitola mínima. O meio da invenção pode incorporar um tipo particular de fibras de vidro com fibras de nanoalumina enxertadas à superfície, chamadas fibras funcionalizadas de nanocerâmica Disruptor™ que carregam área de superfície de 300-500 m<sup>2</sup>/grama, quando medida por adsorção de nitrogênio. O meio da invenção também pode conter sílica fumada, carbono ativado, silicato de magnésio, microesferas poliméricas porosas provenientes de famílias de

resinas de fenol-formaldeído, tais como Duolite XAD 761, estireno-divinil benzeno, tais como Amberlite XAD 16HP. Estes componentes particulados também adicionam 300-500 m<sup>2</sup>/grama de área de superfície ao meio da invenção. Como  
5 um resultado destas características, uma única camada do meio da invenção separa de forma bem-sucedida emulsões de água e de hidrocarbonetos onde o hidrocarboneto contém altos níveis de tensoativos e/ou biodiesel que são inseparáveis quando se utiliza uma única camada do meio da  
10 técnica anterior. Isto permite que a separação da emulsão seja realizada com sistemas muito mais simples sem múltiplas camadas de meios, múltiplos elementos, ou traçados de fluxos complicados.

Uma concretização particularmente preferida da  
15 invenção tem fibras funcionalizadas de nanocerâmica Disruptor™ como um dos componentes principais no suprimento depositado úmido. As fibras de nanocerâmica Disruptor™ são fibras de vidro funcionalizadas por nanofibra de boemita manufaturadas pela Argonide Corporation, de San-  
20 ford, Florida. A composição, características e método para manufaturar fibras de nanocerâmica Disruptor™ encontram-se descritas na patente U.S. 6838005 de F. Tepper e L. Kaledin. As fibras Disruptor™ podem ser pré-expostas a 0-60% das seguintes espécies de alta área de superfície:

25 a. sílica porosa ou não porosa, microparticulada ou micro esférica, não tratada, fumada, e/ou quimicamente modificada de maneira a ser dotada de grupos funcionais a partir do alquila linear, trimetila, alquila-carbamato,

cicloexila, fenila, difenila, dimetilamino, amino, nitro, nitrila, oxipropionitrila, vic-hidroxi-la, fluoroalquila, policaprolactama, polietoxilato, famílias hidrófoba e hidrófila, permutadora de íons, e de fase inversa;

5           b. alumina porosa ou não porosa, microparticulada ou micro esférica, não tratada, fumada, e/ou quimicamente modificada de maneira a ser dotada de grupos funcionais a partir do alquila linear, trimetila, alquila-carbamato, cicloexila, fenila, difenila, dimetilamino, amino, nitro,  
10 nitrila, oxipropionitrila, vic-hidroxi-la, fluoroalquila, policaprolactama, polietoxilato, famílias hidrófoba e hidrófila, permutadora de íons, e de fase inversa

          c. vidro micro particulado ou micro esférico poroso ou não poroso

15           d. carbono ativado

          e. carbono grafítico poroso

          f. silicato de magnésio

          g. dióxido de titânio

          h. dióxido de zircônio

20           i. terra diatomácea

          j. argila adsorvente, tal como terra de Fuller, montmorilonita, e esmectita

          k. tectossilicatos pertencentes ao grupo de zeólitos tais como Zeólito A, Zeólito X, Zeólito Y, Zeólito ZSM-  
25 5, Zeólito LTL

          l. carbonato de cálcio

          m. partículas poliméricas porosas ou não porosas, microesferas, e géis com e sem sulfonato de alquil

benzeno, trialquil amônio de alquil benzeno, fluoroalquila, hidrófobos tradicionais, hidrófilos tradicionais, permutadores de íons, e funcionalização de fase inversa a partir de famílias que incluem:

- 5           i. fenol-formaldeído, tal como a série Duolite XAD  
           ii. polistireno-divinil benzeno, tal como a serie Amberlite XAD  
           iii. dextrano, tal como Sephadex G  
           iv. agarose, tal como Sepharose  
 10          v. alil dextrose reticulada, tal como Sephacryl  
           vi. divinil benzeno  
           vii. poliamida  
           viii. hidroxialquilmacetacrilato.

Os seguintes são exemplos de combinações particulares de constituintes que foram usados no suprimento depositado a úmido empregado para preparar o meio de coalescência (por cento, em peso, da folha concluída):

Exemplo 1 (camada única)

- 70,8% de fibras kraft de madeira macia virgem  
 20          28,5% de Liocel fibrilada  
           0,5% de aditivo de resistência a úmido de resina de poliamida-epicloridrina (PAE)  
           0,2% de aditivo de resistência a seco de poli-acrilamida.

25          Exemplo 2 (camada única)

- 30,0% de Vidro-B de 0,65 micrômetro de diâmetro  
 49,0% de fibras kraft de madeira macia virgem  
 20,3% de Liocel fibrilada

0,5% de aditivo de resistência a úmido de resina de poliamida-epicloridrina (PAE)

0,2% de aditivo de resistência a seco de poliacrilamida.

5 Exemplo 3 (camada única)

67,00% de fibra Disruptor™

23,00% de fibras kraft de madeira macia virgem

9,70% de Liocel fibrilada

0,15% de aditivo de resistência a úmido de resina  
10 de poliamida-epicloridrina (PAE)

0,15% de aditivo de resistência a seco de poliacrilamida.

Exemplo 4 (camada única)

39,70% de fibra Disruptor™

15 40,00% de sílica Cab-o-sil M-5

12,00% de fibras kraft de madeira macia virgem

8,00% de Liocel fibrilada

0,15% de aditivo de resistência a úmido de resina  
de poliamida-epicloridrina (PAE)

20 0,15% de aditivo de resistência a seco de poliacrilamida.

Realização de testes

Os Exemplos 1 e 2 do meio da invenção foram testados em um teste de bancada da folha plana separadora  
25 de combustível-água e suporte de teste. Os modelos de teste da folha plana são conforme a Society of Automotive Engineering (SAE) J1488 Emulsified Water/Fuel Separation Test. No teste de bancada de folha plana, emulsionou-se

água desionizada destilada a 0,25% sob 26 - 30° Celsius em combustível utilizando-se uma bomba centrífuga de 1 HP Acoplada Mecanicamente Gould's 1MC1E4CO (especificada pelo procedimento SAE J1488 com 1 1/4 (i) x 1 (o) x 5  
5 3/16 (imp.)) estrangulada para uma velocidade de fluxo de 2 GPM. Fizeram-se fluir 195 cm<sup>3</sup>/min da emulsão de combustível-água resultante através do suporte de amostra de folha plana. O suporte de amostra permite que água caia fora do fluxo nos lados tanto de montante quanto de  
10 jusante, de maneira que meios do tipo coalescência podem ser comparados. Coletaram-se amostras de emulsão de montante e de jusante a partir dos orifícios de entrada e de saída do suporte. Homogeneizaram-se amostras de emulsão durante pelo menos um minuto em um Cole Parmer Ul-  
15 trasonic Bath Model#08895-04. O teor de água foi medido para cada amostra utilizando-se um aparelho de titulação Mettler Toledo Model D39 Karl Fischer, e reportado em partes por milhão (ppm). A saída proveniente do suporte de amostra foi recombinação com o fluxo proveniente da  
20 bomba e fez-se passar a mesma através de uma série de quatro filtros de limpeza de separador de combustível-água Caterpillar 1R-0781 para se fazerem retornar 100-500 ppm de combustível para o decantador. O decantador continha uma carga de 27,27 litros (6 GAL) de combustível.  
25 O teste foi realizado durante 150 minutos com amostras de montante/jusante e do decantador coletadas a intervalos alternados de 10 minutos.

A Eficiência de Remoção de Água (WRE) foi

calculada em cada tempo de amostra ( $t_n$ ) utilizando-se

$$WRE_{t_n} = (1 - \text{Jusante}_{t_n} / \text{Montante}_{t_n}) \times 100$$

onde  $\text{Jusante}_{t_n}$  é o teor de água de jusante (ppm) e  $\text{Montante}_{t_n}$  é o teor de água de montante (ppm). O objetivo do  
5 teor de água de Montante é de 2500 ppm durante todo o teste.

Em nenhum caso o nível de água do decantador foi subtraído do teor de água medida a jusante. Esta norma-  
lização é usada no SAE J1488, mas tende a aumentar os  
10 resultados de desempenho nas condições de alto teor de biodiesel.

O desempenho do meio foi ajuizado pela marcação de WRE versus tempo de teste. Os combustíveis usados para a avaliação foram misturas de biodiesel em Diesel de teor  
15 de enxofre ultrabaixo (ULSD). O Diesel de teor de enxofre ultrabaixo foi obtido a partir da British Petroleum, Naperville, IL. O biodiesel foi éster metílico de soja (methylsoyate) obtido partir da Renewable Energy Group, Ralston, IA. As misturas utilizadas foram B5, 5% (vol)  
20 Biodiesel em ULSD, B7, 7% (vol) Biodiesel em ULSD, e B20, 20% (vol) Biodiesel em ULSD.

A **Figura 2** contém resultados de separação de combustível-água em prova de bancada para amostras do meio da invenção comparados com o meio de coalescência de  
25 esteira de vidro da técnica anterior na prova B7. A partir da **Figura 2** é evidente que o meio da invenção separou efetivamente o combustível e a água. O meio da invenção 1 manteve +90% de eficiência de remoção de água (WRE) no

decorrer do teste, e o meio da invenção 2 completou 150 minutos de teste com +95% de WRE. O meio da técnica anterior falhou em separar a emulsão efetivamente. O meio da técnica anterior começou o teste a 90,4% WRE, que no  
5 minuto 70 se degradou para 74,8% WRE, seguido por uma queda adicional de 14% no minuto 150 para 60,8% WRE.

No caso do meio da técnica anterior, tal como ilustrado na **Figura 3A**, apresentou-se saindo pelo lado de jusante do meio uma emulsão nebulosa, separada de  
10 forma incompleta. No caso do meio da invenção, tal como ilustrado na **Figura 3B**, saíram do meio gotas de água grandes e foram suficientemente maciças para resistir ao fluxo ascendente para a linha de aceitos e para serem coletadas no lado de jusante. O combustível apresentou-  
15 se limpo e brilhante. Este é precisamente o comportamento tipo requerido para a separação de emulsão bem sucedida através de um meio de coalescência.

O meio da invenção foi testado em uma mistura a 20% de biodiesel para avaliar-se o desempenho em um ambiente mais rigoroso. Durante estes testes, os filtros de limpeza falharam. O teor de água do decantador subiu para a faixa de 1100 - 2000 ppm, enquanto o teor de água de montante subiu para 3300 ppm. Realizaram-se tentativas para manter a chamada de água de montante em 2500 ppm. É  
25 importante enfatizar que a dimensão da gota de água em uma emulsão é inversamente relacionada à energia de mistura aplicada. No caso de alto teor de água no decantador, a água do decantador provavelmente será de distribuição

de dimensão de partícula menor uma vez que ela observou diversas passagens através da bomba de emulsão. Desta forma, esperava-se que o desafio em B20 fosse mais sério devido ao nível de tensoativo elevado, bem como à  
5 dimensão de partícula de água menor proveniente dos diversos ciclos através da bomba de emulsão.

Os resultados do teste de B20 estão ilustrados na **Figura 4** e ressaltam a capacidade do meio da invenção em separar combustível e água. Nas condições descritas, o  
10 Meio da Invenção 1 manteve +85% de WRE no decorrer de 150 minutos, enquanto o Meio da Invenção 2 separou consistentemente mais de 90% de WRE. Em contraste, a amostra do meio de coalescência de estira de vidro da técnica anterior funcionou em 75-77% de WRE durante os primeiros  
15 70 minutos do teste, e caiu para 61,1% no minuto 150. O fluido que saiu do meio da técnica anterior foi novamente enevoado, equiparando-se aos resultados observados em B7 e está ilustrado na **Figura 5A**. O combustível que saiu do meio da invenção também pareceu muito semelhante ao desempenho no teste B7 e está exposto visualmente na **Figura**  
20 **5B**. O combustível que saiu do filtro apresentou-se limpo e brilhante, enquanto a água saiu pela superfície de jusante em gotas compactas. Estes resultados são inéditos no teste de folha plana até à presente data.

25 Muito embora concretizações preferidas do meio de coalescência possam ser configuradas de forma a compreenderem uma estrutura de camada única auto-sustentável, o meio de coalescência da presente invenção também pode

ser usado como uma camada em uma estrutura de várias camadas que funciona somente para coalescência ou combina a função de coalescência com remoção de partículas. A camada do meio de coalescência pode ocupar qualquer ca-  
5 mada em uma estrutura multicamada. Em uma estrutura multicamada não precisa haver organização particular das camadas para criar um gradiente de propriedades físicas a não ser que seja desejado. As outras camadas de uma estrutura multicamada podem ser compreendidas de:

10 1. Meio depositado a úmido saturado de resina que pode conter como componentes de suprimento

a. 0-80% de fibras de celulose ou baseadas em celulose que incluem:

15 i. fibras de madeira macia, eucalipto ou kraft de madeira dura

ii. fibra kraft reciclada

iii. refugo de escritório reciclado

iv. fibra sulfito de madeira macia, de eucalipto ou madeira dura

20 v. fibra de algodão

vi. fiapos de algodão

vii. fibra mercerizada

viii. fibra de madeira macia ou madeira dura quimiomecânica

25 ix. fibra de madeira macia ou madeira dura termomecânica

b. 0-50% de fibra sintética incluindo

i. fibra de poliéster com denier na faixa de

0,5 dpf até 13 dpf e comprimento na faixa de 3 mm a 24 mm

ii. fibra de Nylon 6 com denier na faixa de 3 dpf até 6 dpf e comprimento na faixa de 3 mm até 24 mm

5           iii. fibra de Nylon 66 com denier na faixa de 1 dpf até 22 dpf e comprimento na faixa de 3 mm até 24 mm

c. 0-70% microfibra de vidro incluindo

10           i. Vidro-A com diâmetros de fibra variando de 0,2 - 5,5 micrômetros

            ii. Vidro-B com diâmetros de fibra variando de 0,2 - 5,5 micrômetros

            iii. Vidro-C com diâmetros de fibra variando de 0,2 - 5,5 micrômetros

15           iv. Vidro-E com diâmetros de fibra variando de 0,2 - 5,5 micrômetros.

d. 0-30% de resina que é aplicada à folha concluída e satura a mesma.

20           i. A resina de saturação pode ser proveniente das seguintes famílias poliméricas:

            1. Resinas de formaldeído

                a. anilina-formaldeído

                b. melamina-formaldeído

                c. fenol-formaldeído

25                  d. p-Toluenessulfonamida-formaldeído

                e. uréia-formaldeído

                f. fenila glicidil éter-formaldeído

            2. Poli(Vinil éster)

- a. poli vinil acetato
  - b. poli vinil acetilacetato
  - c. poli vinil pivalato
  - d. poli vinil benzoato
- 5                   3. Álcool de Poli Vinila
- a. álcool de polivinila
  - b. álcool acetílico de polivinila
  - c. anidrido de álcool co-maléico poli-  
vinílico
- 10                   4. Estireno Acrílico
5. Uretano Acrílico
- ii. A resina de saturação pode conter adi-  
tivos hidrófobos provenientes das seguintes famílias:
- 1. Silicone
- 15                   2. Perfluoropoliéter
3. Fluoroalquila.
2. Textura de fibras sintéticas hidrófilas ou hi-  
dróforas sopradas fundidas
3. Textura de fibras sintéticas hidrófilas ou hi-  
20 dróforas ligadas por fiação
4. Textura de fibra de vidro depositada úmida ou  
depositada pneumaticamente
5. Textura de fibras sintéticas hidrófilas ou hi-  
dróforas perfuradas por agulha com ou sem um componente  
25 de fibra natural.

O que se segue é um exemplo de uma estrutura multicamada dotada de uma camada de montante e uma camada de jusante formadas a partir de suprimento depositado

úmido para preparar o meio de coalescência (percentagem em peso da folha concluída):

Exemplo 5 (duas camadas)

Camada de montante em uma folha que contém:

- 5           67,00% de fibra Disruptor™  
          23,00% de fibra kraft de madeira macia virgem  
          9,70% de liocel fibrilada  
          0,15% de aditivo de resistência a úmido de resina de poliamida-epicloridrina (PAE)
- 10          0,15% de aditivo de resistência a seco de poliacrilamida

A camada de jusante é uma folha que contém:

- 79,60% de fibra de celulose virgem  
          20,00% de resina de fenol-formaldeído funcionalizada
- 15 com perfluoropoliéter
- 0,40% de resina de resistência a úmido de poliamida.

Na **Figura 6**, a eficiência de separação de água em um teste de bancada de folha plana do Exemplo 5 do meio de coalescência de duas camadas é comparada com o meio de separação de barreira de poliéster soprada fundida convencional em B5. O meio do Exemplo 5 teve um desempenho uniforme de cerca de 95% WRE durante a extensão de 150 minutos do teste, em comparação com o meio de coalescência de poliéster soprado fundido convencional que declinou

20 de 90% para 55% de WRE durante o período de teste.

O meio de coalescência da presente invenção mostrou deste modo ser muito eficiente para a remoção uniforme de água emulsionada a partir de hidrocarbonetos com

o tempo. Sua capacidade de separação única pode permitir que sistemas de coalescência mais complexos sejam simplificados, pela remoção de múltiplas camadas de meios ou de elementos adicionais. O meio de coalescência também  
5 pode ser usado para remoção de óleo emulsionado em relação a água, água emulsionada em relação a óleo em aplicação de transporte, água emulsionada em relação a combustível ou óleo em aplicações estacionárias tais como geração de energia ou armazenamento de combustível. Desta forma,  
10 será aplicável ao tratamento de água de campo de óleo ou água de refugo industrial onde os componentes menores de óleo devem ser removidos de uma fase de água contínua. Como um meio de separação, o meio da invenção também é aplicável a necessidades de fracionamento em escala de  
15 experiência, preparatória e grande escala. Ele proporciona uma superfície homogênea contínua, que pode ser adaptada a qualquer aplicação de cromatografia de adsorção eliminando a necessidade de bombas de alta pressão, colunas ou preparação de colunas.

20 Compreende-se que muitas modificações e variações podem ser projetadas a partir da descrição anterior dos princípios da invenção. É intenção que todas essas modificações e variações sejam consideradas como dentro do espírito e escopo desta invenção, tal como definido nas  
25 reivindicações seguintes.

REIVINDICAÇÕES

1. Meio de coalescência de água para separar água das emulsões de água e hidrocarbonetos de combustíveis, caracterizado por compreender uma folha de  
5 contato de emulsão formada de pelo menos:  
celulose e/ou fibras de base celulósica;  
fibras fibriladas de elevada área superficial,  
tendo área superficial excedendo 200 m<sup>2</sup>/g;  
microfibras de vidro; e  
10 pelo menos um dentre: um aditivo de resistência a seco e um aditivo de resistência a úmido;  
em que os componentes fibrosos do meio constituem pelo menos cerca de 70% em peso do meio.
2. Meio de coalescência de água, de acordo  
15 com a reivindicação 1, caracterizado pelas fibras de celulose serem fibras de madeira macia e pelas fibras fibriladas de elevada área superficial serem fibras de liocel fibriladas.
3. Meio de coalescência de água, de acordo  
20 com a reivindicação 1, caracterizado pelo suprimento conter fibras kraft, fibras fibriladas, microfibras de vidro e um aditivo de resistência a úmido.
4. Meio de coalescência de água, de acordo  
25 com a reivindicação 3, caracterizado pela folha conter cerca de 30% em peso de fibras de Vidro-B, cerca de 49% em peso de fibras kraft de madeira macia e cerca de 20% em peso de fibras de liocel fibriladas.
5. Meio de coalescência de água, de acordo

com a reivindicação 1, caracterizado pelas microfibras de vidro possuírem cerca de 0,65 micra de diâmetro.

6. Meio de coalescência de água, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pela folha conter 5 fibras kraft, fibras fibriladas, fibras funcionalizadas nanocerâmicas, um aditivo de resistência a úmido e um aditivo de resistência a seco.

7. Meio de coalescência de água, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pela folha conter 10 cerca de 5% a cerca de 80% em peso de fibras de vidro funcionalizadas nanocerâmicas.

8. Meio de coalescência de água, de acordo com qualquer uma das reivindicações 6 ou 7, caracterizado pelas fibras funcionalizadas nanocerâmicas serem fibras 15 de vidro funcionalizadas de nanofibras de boemita.

9. Meio de coalescência de água, de acordo com qualquer uma das reivindicações 6 ou 7, caracterizado pelas fibras funcionalizadas nanocerâmicas serem 20 previamente expostas a um material particulado sintético de elevada área superficial antes da incorporação na folha, selecionado a partir do grupo que consiste em: sílica microparticulada ou microesférica, alumina microparticulada ou microesférica, vidro microparticulado ou microesférico, carbono ativado, 25 carbono grafítico, silicato de magnésio, dióxido de titânio, dióxido de zircônio, terra diatomácea, argila adsorvente, tectossilicatos pertencentes ao grupo dos zeólitos, carbonato de cálcio e partículas poliméricas,

microesferas e géis provenientes das famílias de resina de fenol-formaldeído.

10. Meio de coalescência de água, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado** pela folha ser  
5 formada como uma camada seca única a partir de um processo de deposição a úmido, utilizando um suprimento de deposição a úmido homoganeamente distribuído.

11. Meio de coalescência de água, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado** pela folha ser  
10 formada como uma camada de autossustentação única.

12. Meio de coalescência de água, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado** pela folha ser formada como uma estrutura em multicamadas.

13. Meio de coalescência de água, de acordo com a reivindicação 12, **caracterizado** pela folha ser  
15 formada como uma estrutura de duas camadas, com uma camada à montante que contém cerca de 67% em peso de fibras funcionalizadas nanocerâmicas de aumento de área superficial, cerca de 23% em peso de fibras kraft e cerca  
20 de 10% em peso de fibras de liocel fibriladas, e uma camada à jusante que contém cerca de 80% em peso de fibras de celulose e cerca de 20% em peso de resina.

14. Meio de coalescência de água, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado** pela folha ser  
25 formada por componentes selecionados de forma a terem uma espessura de folha que está na faixa de cerca de 0,1 a 3,0 mm.

15. Meio de coalescência de água, de acordo

com a reivindicação 1, **caracterizado** pela folha ser formada por componentes selecionados de forma a terem um peso de base que está na faixa de cerca de 20 a 1000 g/m<sup>2</sup>.

5                   16.       Meio de coalescência de água, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado** pela folha ser formada como uma folha depositada a úmido, finalizada, que é suscetível de ser pregueada e enrolada.

10                   17.       Meio de coalescência de água, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado** pela folha incluir fibras sintéticas como um componente de aumento de resistência.

15                   18.       Uso de um meio de coalescência compreendendo uma folha de contato de emulsão, conforme definida na reivindicação 1, **caracterizado** por ser como meio de coalescência de água em contato com emulsão, para a separação de água das emulsões de água e hidrocarbonetos.

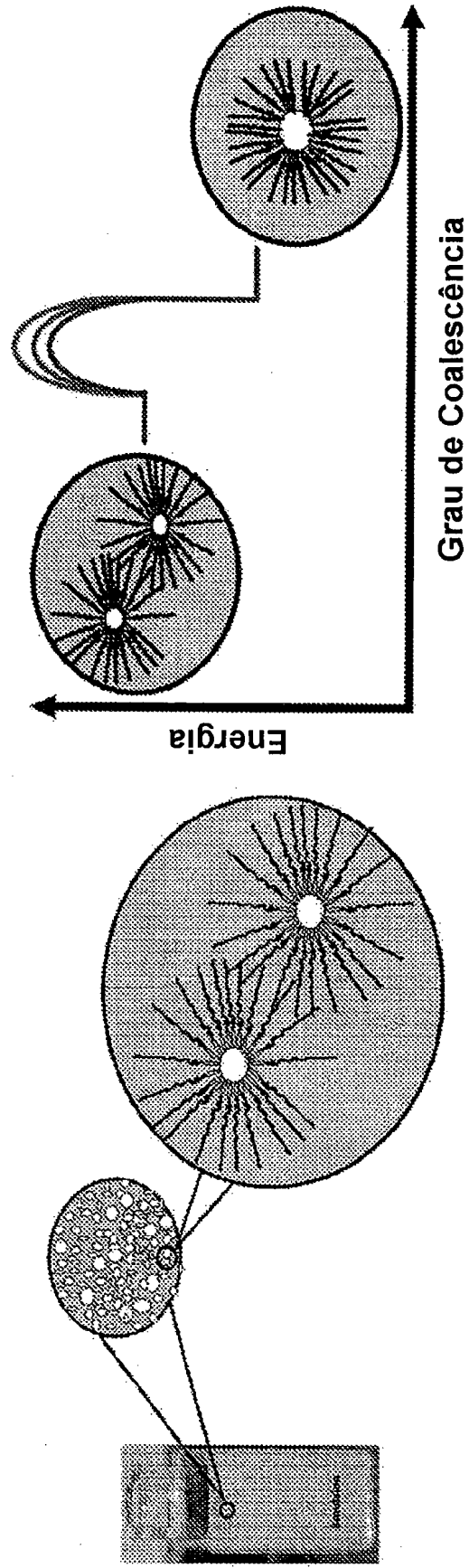
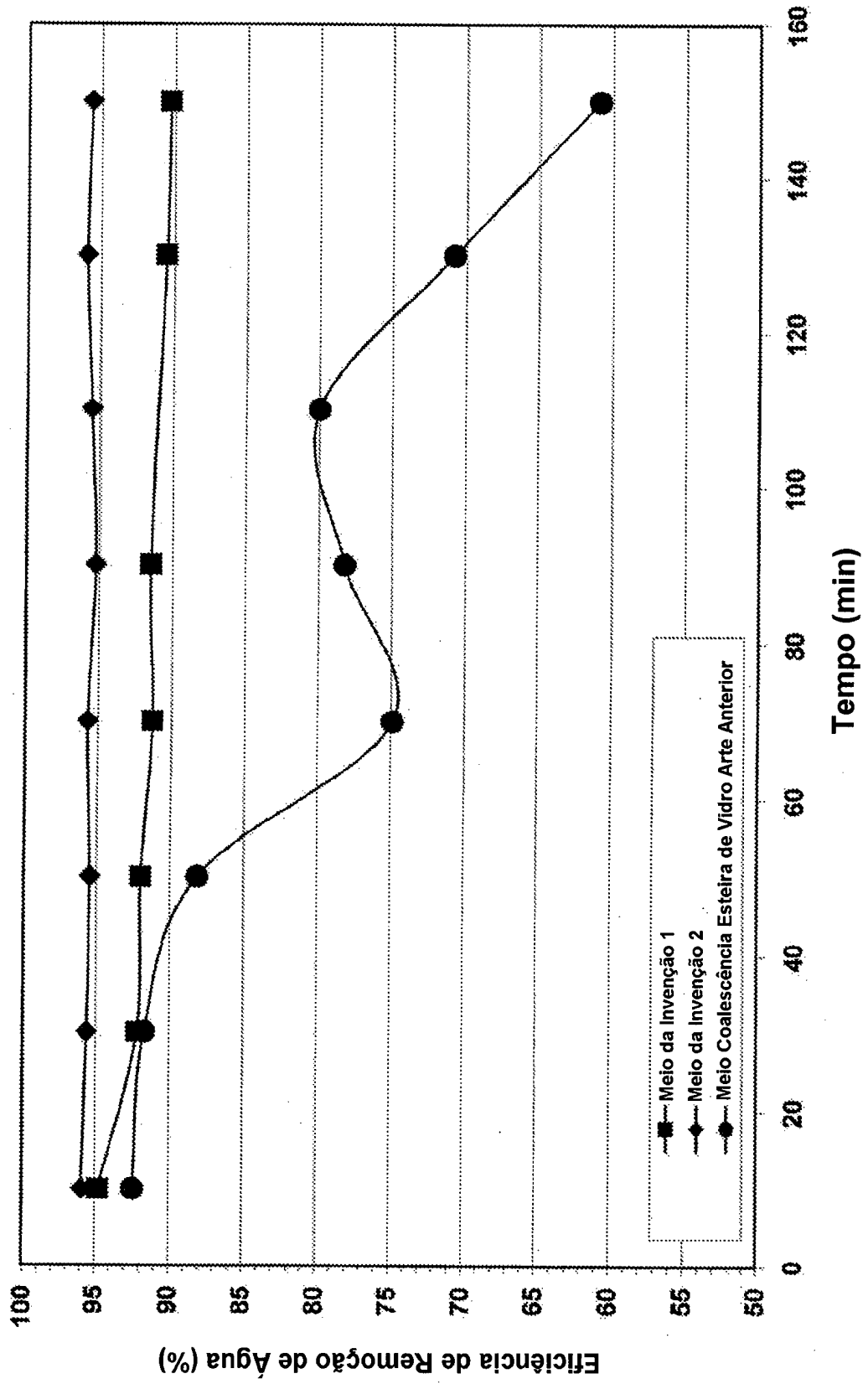
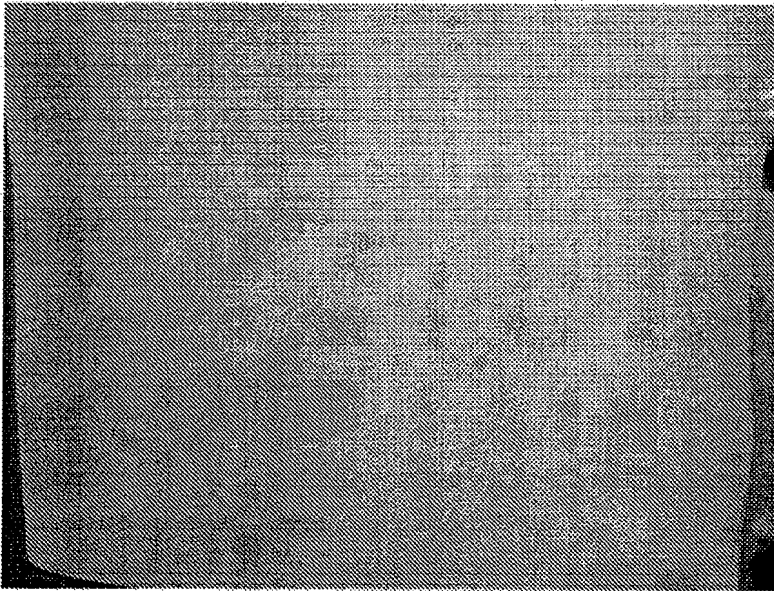


Fig. 1

Fig. 2



**Fig. 3A**



**Fig. 3B**

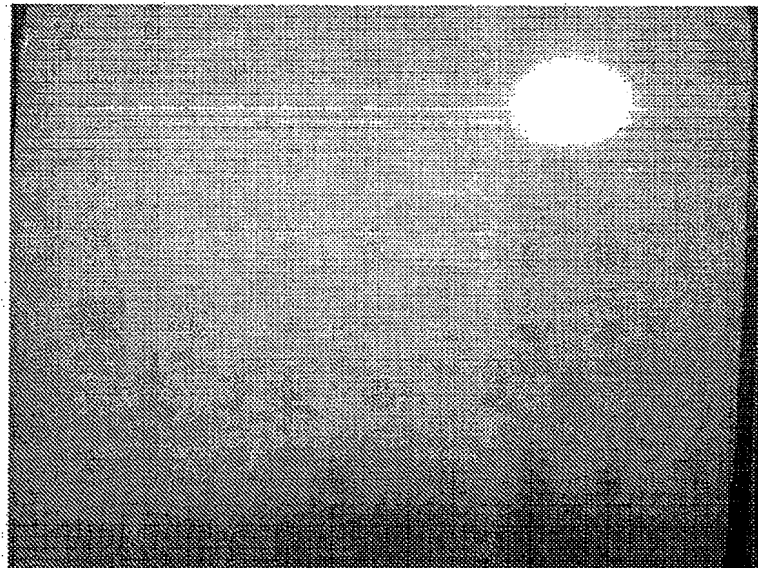
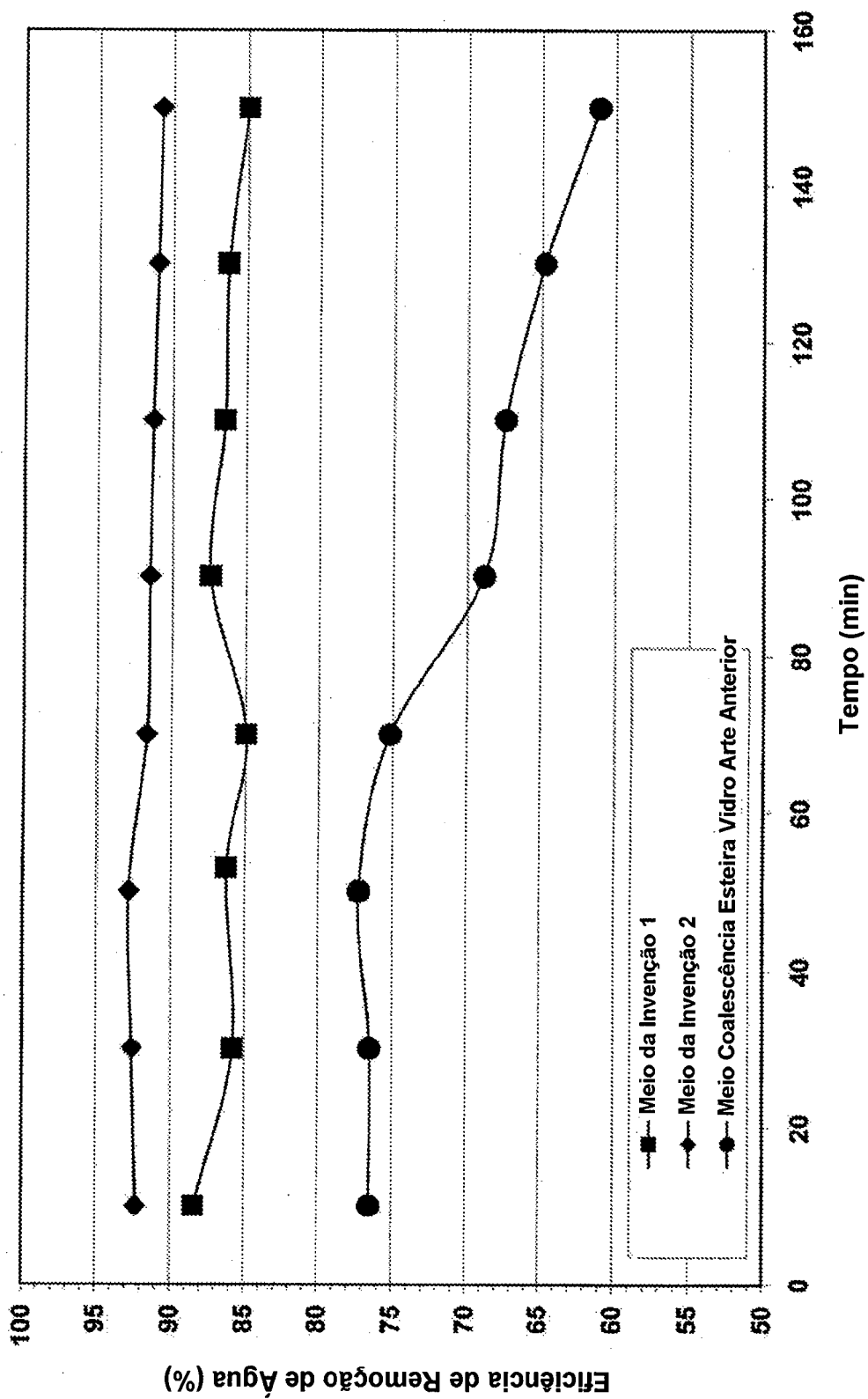


Fig. 4



**Fig. 5A**



**Fig. 5B**

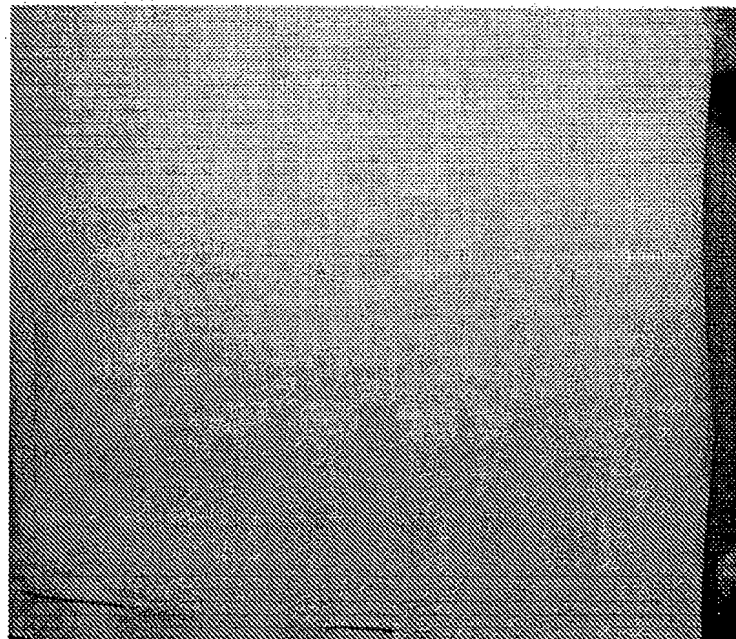


Fig. 6

