



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

(11) PI 0721979-2 B1

(22) Data do Depósito: 04/09/2007

(45) Data de Concessão: 17/07/2018



(54) Título: RECIPIENTE DE TRATAMENTO DE ÁGUA PARA REMOVER CONTAMINANTES IMISCÍVEIS E SÓLIDOS A PARTIR DE UMA FASE AQUOSA

(51) Int.Cl.: C02F 1/24; B01D 17/035

(73) Titular(es): EXTERRAN WATER SOLUTIONS ULC

(72) Inventor(es): DOUGLAS W. LEE; NICHOLAS OWENS

**RECIPIENTE DE TRATAMENTO DE ÁGUA PARA REMOVER
CONTAMINANTES IMISCÍVEIS E SÓLIDOS A PARTIR DE UMA FASE
AQUOSA**

Campo Técnico

[0001]. Esse dispositivo e método se referem geralmente ao campo de purificação ou separação de líquido entre uma fase aquosa primária e uma fase de contaminante imiscível por intermédio da flotação realizada pela adição de agentes químicos de floculação e um gás de flutuação. Embora as várias modalidades da presente invenção sejam aplicáveis a outras aplicações de separação de líquido, a invenção será demonstrada em termos da aplicação comum de purificação da água extraída durante a produção de óleo na indústria petrolífera. Mais especificamente, será demonstrada em termos da matéria em estudo para a qual a invenção foi inicialmente desenvolvida, isto é, a conversão dos tanques de armazenamento de óleo nos cascos de navios de Produção, Armazenamento e Descarregamento, Flutuantes (FPSO) em células de tratamento de água produzida para a remoção de óleo residual e de contaminantes sólidos.

[0002]. Na produção de petróleo, a água que acompanha o óleo produzido, denominada "água produzida", frequentemente contém pequenas gotículas de óleo mantidas em suspensão e matéria particulada inorgânica fina. Vários métodos e equipamentos foram propostos para possibilitar a separação do óleo a partir da água produzida, normalmente empregando alguma forma de sistema de flotação. Uma tecnologia e separação empregada na indústria petrolífera é o uso de tanques de separação pela ação da gravidade e API, tal como um "tanque de escumação". Essa tecnologia é realmente

simples e não-dispendiosa, dependendo das diferentes densidades do óleo e água para possibilitar a separação pela ação da gravidade. A água contaminada é mantida em um recipiente por um período de tempo predeterminado, durante cujo período de tempo o óleo se separa da água e sobe e se junta na superfície do recipiente, permitindo a escumação do óleo a partir da superfície. Parâmetros tais como: o tempo de retenção, as propriedades do óleo e as características de fluxo de entrada, podem ser controladas para aperfeiçoar a separação, e as dimensões do tanque também são de crucial importância. Embora tais separadores possam ser eficazes na remoção de gotículas de óleo maiores, contudo, eles são significativamente menos eficazes na remoção de gotículas de óleo inferiores a 20 micrômetros (mesmo se tratamentos químicos forem adicionados) e requerem tempos de retenção substanciais.

[0003]. Outra tecnologia bem conhecida é o interceptor de chapas corrugadas (CPI). Nos recipientes CPI, chapas corrugadas são usadas para amplificar as diferenças de densidade mediante provisão de uma chapa inclinada com um percurso de deslocamento de fluido mais longo. Com uma chapa inclinada, gotículas individuais de óleo são apresentadas com um percurso de deslocamento mais curto para alcançar as gotículas de óleo adjacentes, criando gotículas de óleo coalescidas maiores que sobem mais rapidamente para a superfície do fluido. Isso permite recipientes com uma área de ocupação muito menor do que os recipientes tradicionais de separação pela ação da gravidade, mas têm a mesma limitação de ser geralmente ineficaz na remoção das gotículas de óleo inferiores a 50

micrômetros. Além disso, a utilização química é aumentada e os recipientes CPI normalmente lidam de forma insuficiente com as oscilações de fluxo.

[0004]. Recipientes de flotação induzida de gás (IGF) também são conhecidos na indústria, onde o gás é induzido para a água contaminada (mediante meios normalmente incluindo ejetores, tubos de espargimento e pás) para mais rapidamente fazer flutuar as gotículas de óleo a partir da água produzida. A espuma oleosa é então retirada da superfície, algumas vezes por intermédio de um sistema defletor. Embora IGF seja uma das tecnologias mais predominantes atualmente em uso, ela ainda é limitada em termos do tamanho de gotícula de óleo que pode ser removida, e o tratamento químico, portanto, é exigido. Além disso, a tecnologia geralmente não pode ser empregada eficientemente em situações de adaptação.

[0005]. A tecnologia de flotação estática induzida (ISF) também é conhecida na indústria. Esse é outro sistema de gás induzido, embora ele utilize um método diferente de geração de bolha de gás do que os métodos IGF. Nos sistemas IGF, as bolhas são geradas por meios mecânicos, enquanto que nos sistemas ISF as bolhas são criadas por métodos hidráulicos. Os recipientes ISF normalmente são separados em câmaras, com introdução de gás em cada uma das câmaras, e métodos ISF podem ser empregados com um recipiente pressurizado. Uma limitação dos sistemas ISF é que eles têm dificuldade em lidar com as concentrações de óleo acima de 300 ppm. Além disso, tais sistemas não tratam adequadamente das flutuações de taxa de fluxo, e capacidade de adaptação geralmente não existe.

[0006]. A presente invenção se refere ao tratamento de águas servidas e particularmente a um equipamento separador aperfeiçoado para separar o óleo da água produzida afluyente, tal como a água servida gerada a partir das operações de perfuração e produção de poço de óleo e gás. Mais particularmente, a presente invenção se refere a uma adaptação de separador de flotação, aperfeiçoada dirigida aos tanques tais como aqueles no casco de embarcações de produção, armazenamento e descarregamento, flutuantes (FPSOs). FPSOs constituem um tipo de sistema de tanque flutuante usado pela indústria petrolífera em alto-mar (offshore) projetado para tirar todo o óleo ou gás produzido a partir de uma plataforma(s) próxima, processar o mesmo, e armazenar o mesmo até que o óleo ou o gás possa ser descarregado para navios petroleiros em espera, ou enviados através de um oleoduto. FPSOs realizam alguma forma de processo de separação do óleo obviando a necessidade de tais instalações baseadas em plataforma ou baseadas em terra ou oleodutos de longa distância, dispendiosos, a partir do poço de óleo até instalação de tratamento.

Técnica Antecedente

[0007]. Os FPSOs tipicamente devem realizar as seguintes funções: 1) separação primária dos fluidos do poço (gases, sólidos, fase de óleo não-aquosa, fase aquosa), 2) tratamento secundário das fases separadas para descarga ou re-injeção, e 3) armazenamento do óleo produzido até o descarregamento. Como a fase de óleo é o produto mais valioso a maior parte do espaço no casco disponível dos FPSOs se destina à separação primária e ao armazenamento do

óleo produzido. Contudo, devido às restrições de permissão de descarga para a fase aquosa, algum do espaço precioso dos FPSOs deve ser alocado para o equipamento de tratamento de água. Os FPSOs atuais utilizam os mesmos recipientes de Flotação Induzida de Gás de configuração vertical, ou horizontal, comumente encontrados em plataformas fixas e em instalações de tratamento baseadas em terra. Esse equipamento é projetado para flocular e fazer flutuar gotículas minúsculas de óleo dispersas na fase aquosa utilizando bolhas de gás e a adição de substâncias químicas e floculação. Os modelos mais comuns de sistema de tratamento de água produzida, de certo modo são limitadores para a aplicação FPSO devido às limitações de espaço e peso. Além disso, a natureza de balanço de um navio flutuante dificulta os controles de nível de água e de escumação de óleo, convencionais.

[0008]. O que tem sido necessário na indústria é um sistema separador de flotação a gás de alto desempenho que possa ser incorporado nos tanques de casco, existentes de um FPSO a um custo razoável com utilização limitada do espaço de deque, e exigências mínimas de altura.

[0009]. O que também tem sido necessário na indústria é um sistema separador de flotação a gás de alto desempenho que possa ser incorporado em algumas das configurações de tanque, existentes (isto é, horizontal, retangular ou cilíndrica) com mínimas modificações internas exigidas e construção relativamente simples. Quando incorporados em um recipiente de transporte usado, por exemplo, o método e o dispositivo da presente invenção proporcionariam uma solução altamente eficaz em termos de custo para os

sistemas de flotação a gás, portáteis para uso em sistemas de limpeza total de derramamento de óleo/água, expansões de capacidade de instalação, e sistemas de uso temporário.

Descrição da Invenção

[00010]. Os inventores apresentam um método e dispositivo, novéis para tratamento de flotação a gás de alto desempenho para um fluxo aquoso contaminado que pode ser facilmente incorporado em qualquer recipiente cilíndrico ou retangular, horizontal como, por exemplo, os tanques de armazenamento de óleo nos cascos de FPSOs. O modelo apresenta uma configuração que é facilmente adaptável a outras estruturas existentes de tanque e recipiente e proporciona tal tratamento de água de alto desempenho para um determinado volume de água de entrada de modo a permitir o mesmo tratamento eficaz com exigência espacial muito menor. Quando esse método é incorporado nos tanques de casco de um FPSO, por exemplo, os benefícios de capacidade de oscilação, amortecimento do movimento das ondas, e flexibilidade aumentada dos métodos de escumação de óleo podem ser facilmente acomodados com pouca ou nenhuma grande modificação interna.

[00011]. O método e o dispositivo da presente invenção podem ser usados para o tratamento de fluidos diferente da água produzida e para remoção de contaminantes diferente de óleo e sólidos produzidos como seria óbvio para aqueles versados na técnica de separação de fase gasosa, líquida, sólida.

Breve Descrição Dos Desenhos

[00012]. Para um entendimento adicional da natureza, objetivos e vantagens da presente invenção, deve-se ter

referência na descrição detalhada seguinte, lida em conjunto com os desenhos a seguir, em que numerais de referência semelhantes denotam elementos semelhantes e em que:

A Figura 1 apresenta uma vista tridimensional de um modelo típico de quatro câmaras da presente invenção;

A Figura 2 apresenta uma vista lateral tridimensional do defletor de câmara 5 da Figura 1 olhando-se a partir do lado de água de entrada. Detalhe adicional dos dutos de subida 3 e outros aspectos desse defletor são demonstrados nessa vista.

[00013]. A Figura 3 apresenta uma vista destacada em elevação das três câmaras da presente invenção mostrando várias características e a dinâmica de fluxo.

[00014]. A Figura 4 apresenta uma vista tridimensional retangular de um recipiente de armazenamento de óleo comum aos FPSOs antes da conversão para um recipiente de tratamento de água produzida de acordo com o método da presente invenção.

[00015]. A Figura 5 é uma vista tridimensional de uma modalidade da presente invenção quando adaptada ou incorporada no recipiente de armazenamento de óleo FPSO mostrado na Figura 4.

Melhor Modo Para Realização da Invenção

[00016]. A Figura 1 mostra os elementos básicos de uma célula de tratamento da presente invenção. A água produzida ou outro fluxo aquoso contaminado com sólidos e uma fase imiscível é primeiramente misturada com uma porção de um fluxo de reciclagem contendo uma dispersão de bolhas de gás e entra na célula de tratamento através de um tubo 1. A

Figura 1 mostra esse tubo 1 como um conduto vertical descarregando através de 45° para a primeira câmara da célula. O fluxo de reciclagem contendo bolhas de gás pode ser gerado mediante referência aos métodos descritos nas Patentes dos Estados Unidos 7.159.854 (Lee e outros), 7.108.250 (Lee e outros) dos presentes inventores cujos relatórios descritivos são aqui incorporados mediante referência. Os inventores causaram a geração desse fluxo de bolha de gás pegando uma porção da fase aquosa limpa saindo do sistema de tratamento e dispersando uma quantidade controlada de um gás pressurizado, tal como gás natural ou ar. A fase de gás parcialmente se dissolve na fase aquosa de tal modo que quando a pressão é subitamente reduzida, a fase de gás dissolvida emerge outra vez a partir da fase líquida na forma de pequenas bolhas de tamanho na faixa de 1-20 micrômetros, conforme aqui denominado "bolhas de gás". O propósito dessas bolhas de gás é o de acelerar a floculação e a flotação dos contaminantes imiscíveis mediante provisão de uma superfície não-aquosa para ligação da dispersão de fase imiscível e migração vertical aperfeiçoada dos contaminantes imiscíveis devido à flutuação natural das bolhas na fase líquida. Em uma modalidade, as bolhas de gás, dispersas, são criadas por intermédio do uso de edutores a jato que aspiram um fluxo de gás a partir do espaço superior acima do nível de líquido no tanque quando um fluxo de líquido pressurizado flui através do edutor. A quantidade de gás dispersa dentro do fluxo de líquido pode ser controlada mediante regulagem da taxa de gás entrando no edutor ou mediante regulagem da taxa do fluxo de líquido de indução fluindo através do

edutor.

[00017]. Continuando com referência à Figura 2, a mistura que chega de fluxo sujo e fluxo de bolhas de gás entra na primeira câmara da célula de tratamento e se choca contra um defletor de desvio 2 mostrado preso na parede mais à esquerda da primeira câmara. Esse defletor de desvio 2 se estende horizontalmente a partir da parede divisória da câmara 5 a uma primeira distância curta e então sobe em um ângulo de aproximadamente 30° a 60° para a horizontal por uma segunda distância curta. A finalidade desse defletor de desvio é a de direcionar o fluxo de chegada no sentido para cima para transmitir uma direção vertical às bolhas de gás e para promover o contato entre a dispersão de fase imiscível e quaisquer quantidades acumuladas da fase imiscível que estejam flutuando em cima da fase aquosa dentro da câmara. Ao tratar a água produzida para contaminantes de óleo e sólidos, a fase de óleo imiscível rapidamente se acumulará na primeira câmara e gradualmente diminuir em câmaras subseqüentes. Mediante desvio do fluxo sujo de chegada no sentido para cima para a fase imiscível acumulada, misturação sub-turbulenta da fase aquosa e da fase imiscível que melhora a captura e remoção das dispersões gasosas de óleo em uma taxa mais rápida do que ocorreria simplesmente mediante utilização de aditivos químicos de floculação, forças naturais de flutuação, e tempo de permanência.

[00018]. Continuando com referência à Figura 1, a fase aquosa flui no sentido para baixo através da câmara enquanto sobem as bolhas de gás e os contaminantes de fase imiscível. Os sólidos, se presentes, tendem a cair para o

fundo da câmara para a série de canais 6 que proporcionam áreas onde os sólidos se acumulam e evitam possível turbulência de ascensão a partir do fluxo aquoso em movimento, acima. A fase aquosa sai da primeira câmara através de vários condutos de subida, verticais 3. Conforme será descrito em mais detalhe na Figura 2, esses condutos de subida paralelos proporcionam uma via preferencial para a fase aquosa para dentro da segunda câmara da célula de tratamento, mas também proporcionam um ambiente controlado onde um segundo fluxo de bolhas de gás pode ser injetado para adicionalmente melhora a floculação e a remoção dos contaminantes imiscíveis. A fase aquosa entra em cada conduto de subida paralelo em uma abertura projetada no sentido para baixo em 3. Quando a fase aquosa flui ascendentemente no conduto de subida, ela é misturada com um segundo fluxo de bolhas de gás entrando através de um conduto de transporte 10. O fluxo de bolhas de gás e de fase aquosa sai de cada conduto de subida através de uma abertura 4 que se projeta para a segunda câmara da célula de tratamento. Conforme descrito anteriormente para a primeira câmara, a fase aquosa saindo de cada conduto de subida é submetida à mesma seqüência de redirecionamento no sentido para cima mediante um defletor de desvio 2 seguido pela misturação sub-turbulenta com a fase imiscível acumulada, então fluxo no sentido para baixo através da porção central da câmara, seguido por um giro em 180° ascendente através de um segundo conjunto de condutos de subida. Para a maioria das aplicações de tratamento de água produzida, três câmaras de tratamento em série são adequadas seguidas por uma câmara inativa formada por uma

parede divisória sólida 12 na extremidade onde a água é extraída através de uma bomba submersível 7 e um tubo de subida vertical 8 antes de sair da célula de tratamento para descarga, re-injeção dentro de uma formação de sub-superfície, ou refinamento final pela filtração de meios fixos. Alternativamente, uma bomba externa tendo um conduto de sucção se estendendo para baixo para a parte inferior da câmara silenciosa pode remover a água. O nível de líquido da célula de tratamento pode ser controlado mediante qualquer número de meios bem conhecidos, tal como a colocação de um elemento de detecção de nível na câmara silenciosa com um sinal de controle de avanço de alimentação para um elemento de controle de fluxo de modulação na descarga do elemento de bombeamento 7.

[00019]. A Figura 2 mostra uma vista lateral de uma parede divisória de câmara típica 5 onde os condutos de tubo vertical 3 e o fluxo de dispersão de bolhas de gás, secundário, injetando os elementos 15 e 16 são mostrados mais claramente na vista da Figura 1. Na modalidade preferida, cada conduto de subida é de formato geralmente retangular e é dimensionado para prover uma área em seção transversal suficiente para proporcionar fluxo sub-turbulento conforme definido por um Número de Reynolds de fluxo de água inferior a aproximadamente 4.000. Continuando com referência à Figura 1 e à Figura 2, o espaço superior de cada câmara está em comunicação de fase gasosa através de recortes 9 na seção mais elevada das paredes divisórias da câmara 5 que permitem que a fase gasosa emergindo a partir do líquido seja extraída através de um conduto comum que pode estar localizado

essencialmente em qualquer lugar dentro da parte superior do recipiente de célula de tratamento. O fluxo de bolhas de gás é injetado através de um conduto de alimentação central 10 conectado em uma extremidade à fonte de fluxo de bolha de gás e na outra extremidade ao coletor de distribuição lateral 15 que se estende através da pluralidade de condutos de subida. Um conduto de pequena extensão 16 direciona uma porção de cada fluxo de bolhas de gás para cada conduto de subida a partir do coletor de distribuição lateral 15. O equilíbrio de fluxo através de cada um dos condutos de subida paralelos é obtido mediante leiaute simétrico dos condutos e dimensionamento excessivo do conduto lateral 15 em relação ao conduto de extensão 16 de modo que perda de pressão superior através de cada lado do coletor lateral 15 é minimizada.

[00020]. A Figura 3 mostra uma vista lateral da modalidade preferida dessa invenção compreendida de três câmaras de decantação (Câmaras A, B e C) e uma câmara inativa, Câmara D. A fase aquosa contaminada entra no tubo no lado esquerdo da Figura 3 onde ela é misturada com um fluxo de bolhas de gás a partir do coletor de suprimento de bolhas de gás 21. A taxa na qual o fluxo de bolhas de gás é adicionado pode ser modulada mediante ajuste de um elemento de controle adequado 20 mostrado como uma válvula de globo manualmente ajustável. A mistura de primeiro fluxo de bolhas de gás e fase aquosa contaminada flui através da linha de entrada 1 e para dentro do vertedouro de entrada 2. Quando a fase aquosa flui no sentido para baixo, bolhas de gás e contaminantes oleosos flutuam ascendentemente e se acumulam em uma fase de óleo flutuante. Qualquer óleo acumulado

nessa área pode ser periodicamente removido da superfície mediante elevação do nível aquoso em cada câmara. Isso pode ser conseguido mediante redução do fluxo para fora a partir da bomba 7 enquanto a taxa de água de entrada permanece aproximadamente a mesma. A água em excesso se acumula dentro de cada câmara e levanta a fase de óleo flutuante sobre a borda do vertedouro de coleta de óleo 13. O óleo removido da superfície se acumula na área de calha formada pelo vertedouro e a parede lateral 5 e pode ser drenado periodicamente ou removido mecanicamente mediante qualquer número de meios conhecidos daqueles versados na técnica. A fase aquosa se desloca no sentido para baixo para a entrada dos condutos de subida 3. Quando a água entra em cada um desses condutos paralelos, um segundo fluxo de bolhas de gás é misturado através do conduto de alimentação central 10 conectado em uma extremidade à fonte de fluxo de bolhas de gás e na outra extremidade ao coletor de distribuição lateral 15, o qual se estende através da pluralidade de condutos de subida. A mistura sobe através dos condutos e descarrega para dentro do vertedouro de entrada da próxima câmara. Essa sequência é repetida na câmara subsequente C. A fase aquosa limpa flui sobre o vertedouro de entrada da Câmara D e então é puxada no sentido para baixo por intermédio da extração de água através do meio de bombeamento 7 mostrado na Figura 3 como uma bomba submersa. [00021]. Embora a modalidade da Figura 3 mostre três câmaras de decantação e uma câmara inativa, deve-se entender que o número ótimo de câmaras para remoção de um determinado contaminante a partir de uma fase aquosa depende de muitos fatores tal como a flutuação do

contaminante flocculado ou imiscível e a concentração de entrada. Uma análise das variáveis principais afetando o dimensionamento e o número de câmaras para remoção ótima de contaminante pode ser encontrada em LEE, D. W., BATEMAN, W. and OWENS, N. Efficiency of Oil/Water Separation Controlled by Gas Bubble Size and Fluid Dynamics, within the Separation Vessel [online], Janeiro de 2007 [recuperado em 29 de julho de 2007]. Recuperado a partir da Internet:<URL:

<http://www.glr solutions.com/articles/download/pws2007.pdf>ht tp>, que é aqui incorporado mediante referência.

[00022]. Continuando com referência à Figura 3, o método apresentado pelos inventores define uma série integrada de sequências de fluxo para purificar a fase aquosa de um contaminante imiscível. A primeira etapa é a de prover um recipiente de tratamento de água 22 compreendendo uma pluralidade de câmaras de tratamento A, B, e C, um vertedouro de entrada 2, sustentado dentro de cada câmara mediante primeiro meio de montagem, e um vertedouro de fluido imiscível 13, suportado dentro de cada câmara de tratamento pelo segundo meio de montagem, espaçado do vertedouro de entrada 2. O espaçamento do recipiente 22 e da câmara são dimensionados para prover tempo de permanência suficiente de acordo com as especificações de cliente, cujos tempos de permanência, totais, são de tipicamente 10 minutos. A próxima etapa é a de transmitir a água contaminada a partir de sua fonte em direção àquela câmara por intermédio de uma linha de injeção. A água contaminada entrando no recipiente normalmente é a água produzida recebida a partir das unidades de separação

primária tal como uma unidade "Free Water Knockout" (FWKO) ou "tratador". A composição dessa água produzida varia consideravelmente entre locais e o conteúdo pode flutuar amplamente dependendo das operações do local. Concentrações típicas de óleo e graxa variam entre 50 ppm e 2000 ppm, e as propriedades de óleo (incluindo a densidade e a viscosidade) variam por local. O óleo pode ser encontrado em uma forma emulsificada, quer seja como uma emulsão reversa ou uma emulsão normal, e certas substâncias químicas clarificadoras podem ser adicionadas para auxiliar na flotação, em cima daquelas substâncias químicas que já estão adicionadas ao sistema para operações normais. Concentrações de sólidos suspensos totais e compostos químicos residuais (tal como compostos de enxofre e ferro) totais também são específicas do local. A temperatura de entrada da água pode variar de 20°C a 90°C. Em alguns métodos de acordo com a presente invenção, água limpa também poderia ser introduzida no recipiente antes da injeção da água contaminada.

[00023]. Um fluxo de geração de bolhas 21 e um elemento de controle de injeção 20 são providos para injeção na fase aquosa nos vários pontos mostrados na figura. O dispositivo de geração de bolhas pode incluir aqueles ensinados no Pedido de Patente Canadense 2.460.123, mencionado acima, onde o gás experimenta cisalhamento, impacto e pressão resultando em bolhas de 5 a 50 micrômetros de diâmetro. Bolhas menores separam mais eficientemente o óleo da água, resultando em espuma mais seca e baixo volume de escumação. As bolhas são então deixadas misturar com a água contaminada na linha de injeção, formando um fluido de

entrada. O fluido de entrada é então liberado para a câmara através da linha de entrada 1, para e sobre o vertedouro de entrada 2. A separação da água e do fluido imiscível ocorre então com a água limpa podendo fluir no sentido para baixo sob a força da gravidade para a entrada dos vários dutos de tubo ascendente 3. A mistura restante de fluido imiscível e bolhas de gás pode então flutuar através da câmara e sobre o vertedouro de fluido imiscível 13, e o fluido imiscível finalmente pode ser coletado em uma calha e fluir para fora de uma saída de fluido imiscível 14. A retirada de fluido a partir da última câmara D resulta em uma queda de pressão que aciona o sistema; a água flui através do sistema pela gravidade e, portanto, há um gradiente hidráulico através de cada câmara, de modo que os tubos de subida paralelos são dimensionados preferivelmente para minimizar a queda de pressão.

[00024]. Com referência outra vez à modalidade da Figura 3, o recipiente 22 seria dimensionado para permitir tempo de permanência suficiente, normalmente entre 60 e 120 minutos dependendo das especificações do cliente, mas com volume adicional para permitir capacidade de oscilação. Para impedir curto-circuito de bolhas e óleo através do sistema, a velocidade descendente do fluxo de fluido através de cada câmara é preferivelmente mantida abaixo de 1,4 pés/minuto. Em um método incorporando um recipiente 22 de acordo com a modalidade das Figuras 4 e 5, os tempos de permanência são mantidos tipicamente em aproximadamente 10 minutos, com velocidades descendentes apropriadas sendo mantidas, como seria considerado e entendido por aqueles versados na técnica.

[00025]. Com referência à Figura 4, um tanque de óleo de casco típico de um FPSO é mostrado antes da adição da modalidade preferida do inventor. Quando em serviço de armazenamento de água de lastro ou óleo, o tanque é compreendido de uma lacuna retangular vedado que tem chapas sólidas 30 como extremidades. Defletores de suporte estrutural 31 são colocados entre as extremidades para manter a integridade estrutural da embarcação sob o peso do fluido no interior e o movimento da embarcação na água. Apenas dois desses defletores de suporte são mostrados na figura. Os restantes são removidos e substituídos com paredes laterais 5 da presente invenção. Um defletor central de amortecimento de espirro, especial 32 é instalado e contém vários furos no mesmo que limitam o movimento súbito do conteúdo fluido dos tanques sob o movimento natural de arfagem e rolamento da embarcação no mar. Em alguns tanques de casco FPSO, tubulação e outros condutos de fluxo se estendem através da área, o que requer que os furos 36 sejam cortados nos defletores de suporte 31, no defletor central 32, e nas paredes laterais 5 para permitir que o tanque de casco seja convertido em um separador de flotação enquanto mantendo o uso dos sistemas de tubulação e conduto, existentes.

[00026]. Com referência à Figura 5, o casco retangular do FPSO, como mostrado na Figura 4 é mostrado agora com duas das quatro modalidades de seção de câmara colocadas dentro dos espaços entre o defletor central 32. Essa figura demonstra um meio para converter um tanque de caso FPSO em uma célula de tratamento de água produzida utilizando o método e o dispositivo aqui descritos pelos inventores.

Deve-se entender que embora a aplicação usada para descrever o método e dispositivo dos inventores esteja convertendo o tanque de casco de um FPSO em um recipiente de tratamento de água produzida, esse método poderia igualmente ser aplicado a muitos outros tanques retangulares e em ambos os sistemas de tratamento de óleo e água em plataforma em alto-mar e baseados em terra. Além disso, processos de separação diferentes de óleo e água podem ser usados os quais são conhecidos como sendo responsivos aos processos de Flotação a Gás.

[00027]. Embora modalidades específicas da presente invenção tenham sido descritas na parte precedente, deve-se entender que outras modalidades são possíveis dentro do escopo da invenção e pretendem ser aqui incluídas. Será evidente para aqueles versados na técnica que modificações da invenção e ajustes nessa invenção, não mostrados, são possíveis, sem se afastar do espírito da invenção conforme demonstrado através das modalidades exemplares. A invenção, portanto, deve ser considerada como limitada apenas pelo escopo das reivindicações anexas.

REIVINDICAÇÕES

1. Recipiente de tratamento de água (22) para remover contaminantes imiscíveis e sólidos a partir de uma fase aquosa compreendendo uma série de câmaras de interconexão (A, B, C), cada câmara separada a partir de uma câmara adjacente por uma parede de câmara dividida (5), e cada câmara caracterizada por compreender ainda:

uma lacuna central proporcionando um tempo de permanência dinâmica para separação das fases gasosa, líquida e sólida;

uma linha de injeção (1) em comunicação de fluido com uma entrada da lacuna central e para conter e transmitir a água contaminada a partir de uma fonte;

um dispositivo de geração de bolhas em comunicação de fluido com a linha de injeção (1) para injetar bolhas de gás na linha de injeção (1) e permitir a mistura na linha de injeção (1) das bolhas de gás e da água contaminada para formar um fluido e entrada para a lacuna central;

um vertedouro de entrada (2) montado em uma superfície interior de uma parede divisória da câmara (5) adjacente à entrada para defletir o fluido de entrada em uma direção no sentido para cima;

um vertedouro de fluido imiscível (13) montado em uma superfície interior de uma parede divisória da câmara (5), espaçado do vertedouro de entrada (2);

uma calha para coletar o fluido imiscível e permitir que o fluido imiscível flua para fora de cada câmara através de uma saída de fluido imiscível (14); e

uma pluralidade de condutos de subida verticais

paralelos (3) dispostos na superfície interior de parede divisória da câmara adjacente (5), cada conduto de subida vertical (3) tendo uma extremidade receptora na parte inferior de cada câmara (A, B, C), para transportar água limpa para cima, para extremidade de saída, uma extremidade de saída em comunicação de fluido com a câmara a jusante, adjacente na série, e um conduto de bolhas (10) ligado a cada conduto de subida vertical (3) para injetar um fluxo adicional de bolhas de gás;

em que quando o fluido de entrada é injetado na primeira câmara (A), passa através da entrada e sobre o vertedouro de entrada (2), a água limpa flui no sentido para baixo em direção a pluralidade de condutos de subida verticais (3), e uma mistura do fluido imiscível e das bolhas de gás flutua através da lacuna central para passar sobre o vertedouro de fluido imiscível (13) e para baixo pela calha para a saída de fluido imiscível (14).

2. Recipiente de tratamento de água (22), de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado** pelo fato de que o vertedouro de entrada (2) compreende uma porção de base e uma porção de parede periférica, a porção de parede periférica inclinada no sentido para cima e no sentido para fora a partir da porção de base, para guiar o fluido de entrada para cima e para longe da entrada, a linha de injeção (1) se estendendo através da primeira câmara (A) para entrar no vertedouro de entrada (2).

3. Recipiente de tratamento de água (22), de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado** pelo fato de que o recipiente de tratamento de água (22) é retangular.

4. Recipiente de tratamento de água (22), de acordo

com a reivindicação 1, **caracterizado** pelo fato de que o recipiente de tratamento de água (22) é um recipiente de pressão.

5. Recipiente de tratamento de água (22), de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado** pelo fato de que o recipiente de tratamento de água (22) é incorporado em um compartimento dentro do casco de um navio de Produção, Armazenamento e Descarregamento flutuante, FPSO.

6. Recipiente de tratamento de água, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado** pelo fato de que o vertedouro de fluido imiscível (13) compreende uma porção de parede, montada diretamente na superfície interior de parede divisória da câmara adjacente (5) e inclinada no sentido para cima e no sentido para dentro a partir da superfície interior.

7. Recipiente de tratamento de água (22), de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado** pelo fato de que as bolhas de gás são microbolhas.

8. Recipiente de tratamento de água (22), de acordo com a reivindicação 7, **caracterizado** pelo fato de que as microbolhas são individualmente inferiores a 50 micrômetros de diâmetro.

9. Recipiente de tratamento de água (22), de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado** por compreender ainda um dispositivo de fluxo de reciclagem para redirecionar ao menos uma porção da água limpa para o dispositivo de geração de bolhas.

10. Recipiente de tratamento de água (22), de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado** pelo fato de que o fluido imiscível é óleo ou betume.

11. Recipiente de tratamento de água (22), de acordo com a reivindicação 9, **caracterizado** pelo fato de que o dispositivo de fluxo de reciclagem serve para redirecionar entre 25 por cento e 50 por cento, inclusive, da água limpa a partir da saída de água limpa para o dispositivo de geração de bolhas.

12. Recipiente de tratamento de água (22), de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado** por compreender ainda dispositivo de controle de fluxo para manter o volume do fluido do recipiente de tratamento de água igual ao volume do fluido de entrada entrando no recipiente de tratamento de água.

13. Recipiente de tratamento de água (22), de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado** pelo fato de que o condutos de subida vertical (3) são dimensionados para minimizar a queda de pressão através das câmaras (A, B , C) do recipiente de tratamento de água (22).

14. Recipiente de tratamento de água, de acordo com a reivindicação 1 (22), **caracterizado** por compreender ainda dispositivo de ajuste de vertedouro para possibilitar o ajuste de altura do vertedouro de fluido imiscível (13) para minimizar a perda de água limpa.

15. Recipiente de tratamento de água (22), de acordo com a reivindicação 14, **caracterizado** por compreender ainda ao menos uma abertura de observação no nas câmaras (A, B, C) para possibilitar o ajuste de altura do vertedouro de fluido imiscível (13).

16. Recipiente de tratamento de água (22), de acordo com a reivindicação 14, **caracterizado** pelo fato de que o dispositivo de ajuste de vertedouro compreende um eixo

roscado que se estende através do recipiente de tratamento de água (22) e vedado por uma gaxeta de vedação, a rotação do eixo causando o ajuste de altura do vertedouro de fluido imiscível (13).

17. Recipiente de tratamento de água (22), de acordo com a reivindicação 14, **caracterizado** pelo fato de que o vertedouro de fluido imiscível (13) é composto de fluoreto de polivinilideno.

18. Recipiente de tratamento de água (22), de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado** pelo fato de que um meio de aquecimento é colocado dentro da calha para aperfeiçoar a fluxibilidade do fluido imiscível na calha em direção à saída da calha.

19. Recipiente de tratamento de água (22), de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado** pelo fato de que a saída de fluido imiscível (14) está em comunicação de fluido com um tanque de retenção de fluido imiscível adjacente ao recipiente de tratamento de água.

20. Recipiente de tratamento de água (22), de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado** pelo fato de que as bolhas de gás são compostas de um gás selecionado do grupo consistindo em ar, gás de hidrocarboneto, e nitrogênio.

21. Recipiente de tratamento de água (22), de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado** por compreender ainda:

uma câmara de saída vedada (D) para receber água limpa a partir da última câmara de tratamento (C); e um tubo de saída de água limpa (8) se estendendo para a câmara de saída vedada (D) tendo uma extremidade se projetando próximo ao fundo da câmara e tendo um dispositivo de bombeamento para extrair a água limpa da câmara inativa.

22. Recipiente de tratamento de água (22), de acordo com a reivindicação 21, **caracterizado** pelo fato de que o dispositivo de bombeamento é uma bomba externa, ou é interna à câmara de saída vedada (D) na forma de uma bomba submersível (7) realizando sucção próxima ao fundo da câmara (D).

23. Recipiente de tratamento de água (22), de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado** pelo fato de que o vertedouro de fluido imiscível (13) é disposto na superfície interior de parede divisória da câmara adjacente (5), oposta e acima do vertedouro de entrada (2).

24. Método para remover fluido imiscível a partir da água contaminada proveniente de uma fonte usando o recipiente de tratamento de água de acordo com a reivindicação 1, o método **caracterizado** por compreender as etapas de: (a) transmitir a água contaminada a partir da fonte para a primeira câmara (A) por intermédio de uma linha de injeção (1); (b) prover dispositivo de geração de bolhas para gerar bolhas; (c) gerar e injetar as bolhas na linha de injeção (1); (d) permitir que as bolhas e água contaminada se misturem na linha de injeção (1) para formar um fluido de entrada; (e) injetar o fluido de entrada na primeira câmara (A) em uma entrada adjacente ao vertedouro de entrada (2); (f) permitir que o fluido de entrada passe sobre o vertedouro de entrada (2); (g) permitir que água limpa e uma mistura restante de fluido imiscível e bolhas de gás se separem mutuamente; (h) permitir que a água limpa flua no sentido para baixo pela ação da gravidade para uma pluralidade de condutos de subida vertical paralelos (3) formados na parede divisória (5) entre as câmaras (A, B);

(i) transferir a água limpa para a próxima câmara (B) mediante fluxo através da pluralidade de condutos de subida vertical (3) paralelos, (j) injetar uma taxa controlada de um segundo fluxo de bolhas em cada um dos condutos de subida vertical paralelos (3), (k) permitir que os fluxos efluentes a partir da pluralidade de condutos de subida vertical paralelos (3) em comunicação de fluido com a primeira câmara (A) entrem em uma segunda câmara (B) idêntica à primeira câmara (A); (l) permitir que a mistura acumulada de fluido imiscível em cada câmara (A, B) flutue em cima da fase aquosa e cascadeie sobre o vertedouro de fluido imiscível (13); (m) permitir que o fluido imiscível acumulado em cada câmara (A, B) seja coletado em uma calha dentro e flua para fora de uma saída de fluido imiscível (14), (n) repetir as etapas (a) a (m) um número suficiente de vezes através das câmaras adicionais em série para as primeira duas câmaras (A, B) até que os contaminantes imiscíveis tenham sido removidos satisfatoriamente.

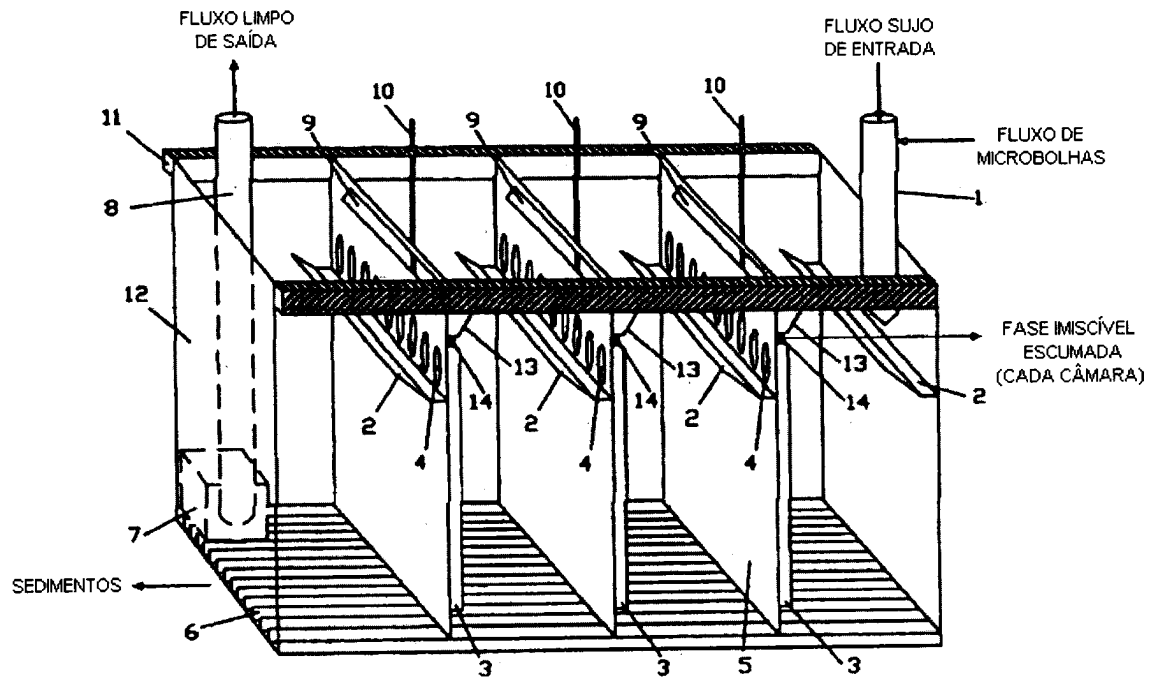


FIG. 1

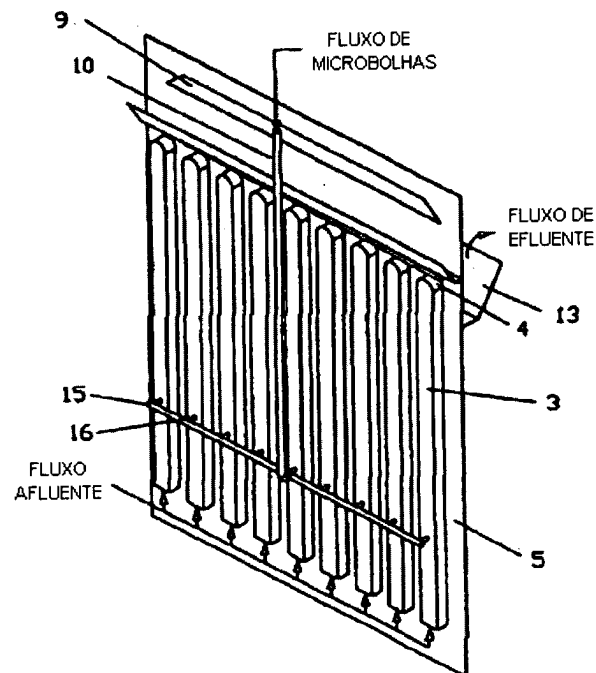


FIG. 2

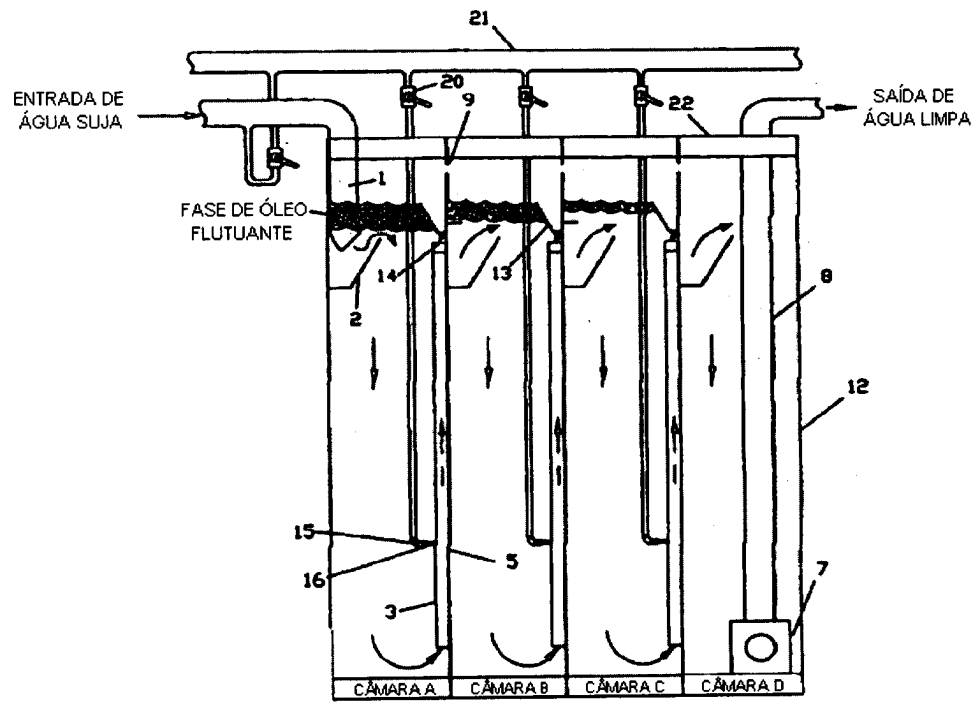


FIG. 3

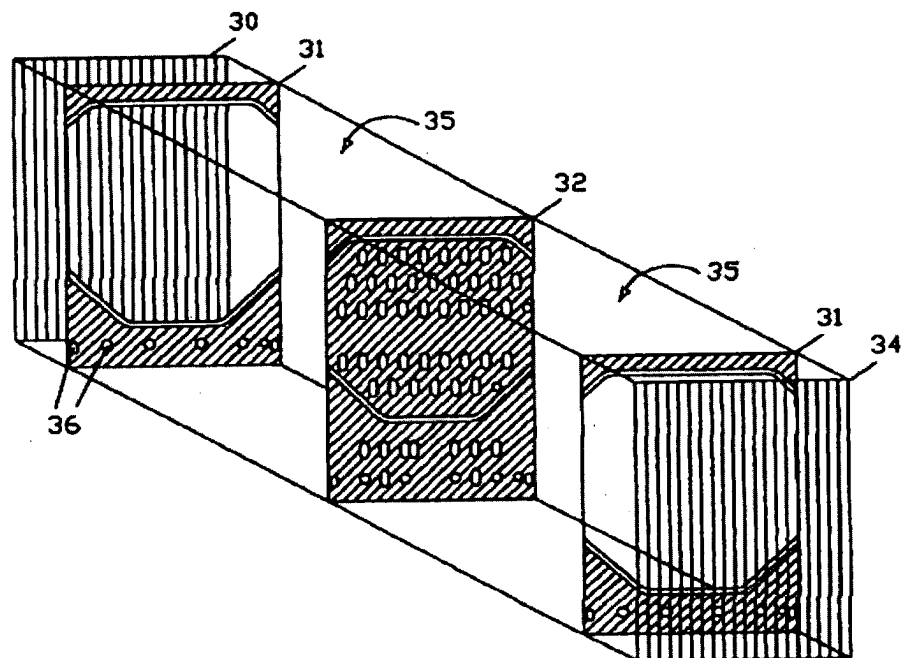


FIG. 4

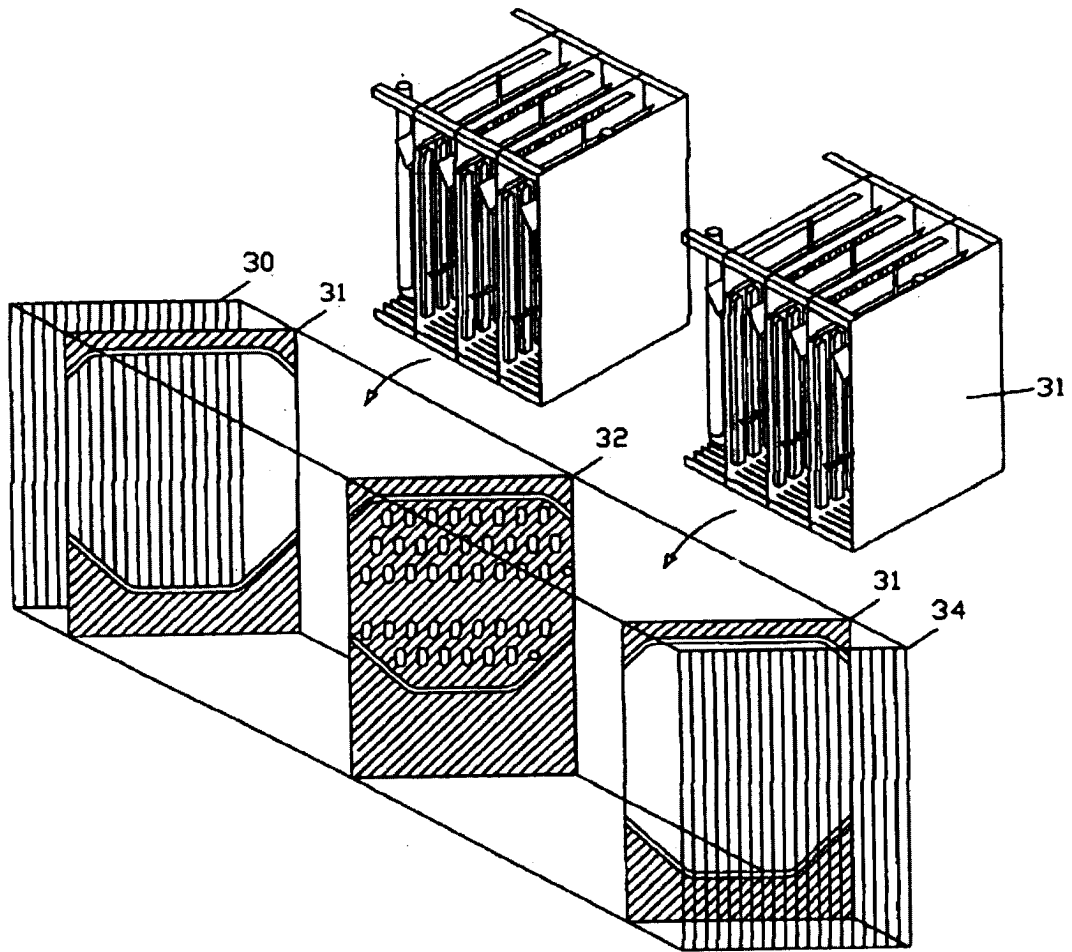


FIG. 5