



REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL



Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior
Instituto Nacional da Propriedade Industrial

CARTA PATENTE N.º PI 0400305-5

Patente de Invenção

O INSTITUTO NACIONAL DA PROPRIEDADE INDUSTRIAL concede a presente PATENTE, que outorga ao seu titular a propriedade da invenção caracterizada neste título, em todo o território nacional, garantindo os direitos dela decorrentes, previstos na legislação em vigor.

(21) Número do Depósito : PI 0400305-5

(22) Data do Depósito : 19/03/2004

(43) Data da Publicação do Pedido : 01/11/2005

(51) Classificação Internacional : C10G 31/06; B01J 8/00

(54) Título : SISTEMA E PROCESSO PARA TRATAMENTO DE RESÍDUOS MULTIFÁSICOS

(73) Titular : Petroleo Brasileiro S.A. - PETROBRAS, Indústria, CGC/CPF: 33000167081942. Endereço: Av. República do Chile, 65, Centro, Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil (BR/RJ).; Albrecht Equipamentos Industriais Ltda., Industrial, CGC/CPF: 79897849000160. Endereço: BR 101, Km 29, Pirabeiraba, Joinville, Santa Catarina, Brasil (BR/SC).

(72) Inventor : Arilza de Castilho Pickler, Física. Endereço: Av. Meriti, 435/103, Vila da Penha, Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil, CEP: 21221-203.; Luis Fernando Peixoto Gallo, Engenheiro(a) Mecânico(a), CGC/CPF: 38437643791. Endereço: Rua Uçá, 502, Ilha do Governador, Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil, CEP: 21949-480.; Carlos Alberto Dias da Silva, Técnico(a) Mecânico(a), CGC/CPF: 80785077715. Endereço: Rua Ana Câmara, 20, Irajá, Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil, CEP: 21235-320.; Waldir Albrecht, Empresário(a), CGC/CPF: 15929701920. Endereço: BR 101, KM 29, Pirabeiraba, Joinville, Santa Catarina, Brasil, CEP: 89239-970.; Christine Albrecht Althoff, Engenheira Química, CGC/CPF: 72222530920. Endereço: BR 101, KM 29, Pirabeiraba, Joinville, Santa Catarina, Brasil, CEP: 89239-970. Cidadania: Brasileira.

Prazo de Validade : 20 (vinte) anos contados a partir de 19/03/2004, observadas as condições legais.

Expedida em : 21 de Janeiro de 2014.

Assinado digitalmente por
Liane Elizabeth Caldeira Lage
Diretora de Patentes Substituta



SISTEMA E PROCESSO PARA TRATAMENTO DE RESÍDUOS MULTIFÁSICOS

CAMPO DA INVENÇÃO

A presente invenção diz respeito a um sistema para tratamento de
5 resíduos multifásicos. Mais especificamente, a presente invenção diz respeito a
um sistema para tratamento de resíduos multifásicos com teor ilimitado de água,
óleo e sólidos para obtenção de hidrocarbonetos e outros produtos úteis, que
compreende um reator tubular onde o resíduo é aquecido sob pressão reduzida e
em presença de gás inerte, o aquecimento sendo efetuado em zonas distintas de
10 temperatura com uma primeira zona de evaporação de água livre e emulsionada
no resíduo e eluição de hidrocarbonetos leves, uma segunda zona de dessorção
térmica e uma terceira zona de pirólise branda. Os produtos de cada zona são
eluídos para condensadores. A parte inferior do reator é dotada de um acesso
para alimentação de matéria prima e outro para coleta dos sólidos resultantes do
15 processo. A invenção diz ainda respeito ao processo contínuo de tratamento de
resíduos multifásicos com auxílio do sistema proposto visando à obtenção de
hidrocarbonetos e outros produtos.

FUNDAMENTOS DA INVENÇÃO

Os resíduos de uma refinaria de petróleo são dispersões de óleo e
20 água com proporções muito variadas dos dois líquidos imiscíveis estabilizados por
sólidos finamente divididos como areia, limo, combustíveis de alto teor de
carbono, etc. Essas dispersões não são facilmente suscetíveis de serem
quebradas pelas técnicas usuais. Esses e outros resíduos têm sido objeto de
várias técnicas de descarte a custos consideráveis. A incineração é um processo
25 caro que requer equipamentos caros e sofisticados. Descarte em aterros ou
Landfarming é uma técnica onde a lenta ação bacteriana leva ao descarte final.

A patente US 3.917.564 ensina misturar resíduo de petróleo contendo
sólidos e água (o que é conhecido pelo termo sludge e usar a mistura obtida para
resfriar rapidamente o coque no processo de coqueamento retardado. A
30 tecnologia ensinada nesta patente norte-americana é destinada à produção de
coque grau combustível.

A patente US 5.223.152 ensina que correntes de descarte contendo
óleo, água, frações de alto peso molecular, parafinas verdes, finos de coque e

outros sólidos são produzidos durante o refino de petróleo. Essas correntes de descarte são geradas como resultado do próprio processo de refino, de processos de limpeza, manutenção e outras ocorrências. É altamente desejável recuperar os produtos de alto valor agregado contidos nessas correntes de descarte, não somente para obter o valor dos produtos recuperados, mas também minimizar a proporção de descartes, que devem ser extensivamente tratados para serem descartados no meio ambiente de modo responsável.

Normalmente, as correntes de descarte das refinarias são coletadas e enviadas para um separador API para processamento inicial. No separador API, a gravidade separa o descarte de refinaria em três camadas, uma camada de fundo chamada de primariamente sólida ou sludge, uma camada chamada de primariamente aquosa no meio e uma camada primariamente de óleo no topo. A camada primariamente de óleo é coletada do topo do separador API e armazenada em um grande tanque para re-processamento eventual para recuperar produtos de alto valor agregado. O óleo recuperado ou slop oil é composto de 80 a 90 % em peso de óleo e o restante, água. Alguns sólidos arrastados como finos de coque e parafinas verdes podem estar presentes, mas usualmente em níveis reduzidos.

O óleo recuperado normalmente contém uma faixa ampla de ebulição de materiais hidrocarboneto. Assim, o re-processamento de óleo recuperado é tipicamente efetuado alimentando o óleo recuperado a um fracionador ou coluna de desilação para separar vários produtos. Em uma refinaria geralmente é o coker fractionator que é usado para fracionar o óleo recuperado. Convencionalmente, uma corrente de óleo recuperado é bombeada da tancagem através de um pré-aquecedor e então alimentada no fundo de um coker fractionator.

No entanto, o re-processamento do óleo recuperado apresenta problemas operacionais. Isto é devido ao teor de água do óleo recuperado. Quando a água dispersa e estabilizada no óleo pelas frações de alto peso molecular é aquecida por troca de calor indireta com uma corrente de produto mais quente ou com vapor é alimentada a um fracionador, a água vaporiza e expande com aumento de volume. A força associada a esta expansão causa

picos de pressão que podem danificar o equipamento e perturbar a operação do fracionador.

Essas perturbações podem levar a contaminação das correntes de produto mais leves oriundas do fracionador. Componentes na faixa de ponto de ebulição mais pesada podem ser carregados para cima em direção à torre de modo que contaminam essas correntes de produto. Estas contaminações se dirigem em cascata para unidades de processo a jusante e resultam em contaminações adicionais.

A patente US 4.985.131 ensina um processo para o tratamento de borras de refinaria para produzir um coque de petróleo. No processo descrito, a carga de borra é seca e aquecida com separação de hidrocarbonetos leves e resíduo de coque.

A patente US 5.922.189 ensina um processo para o refino de resíduos de petróleo e sludges gerados pelos produtores de óleo, refinadores e re-refinadores que compreende as etapas de aquecer sob vácuo os resíduos e sludges de petróleo com injeção de vapor ou gás inerte ou ambos até uma temperatura na faixa de 360°C até 538°C e manter a mistura nesta temperatura durante um curto tempo de residência entre 1 até 6 horas, enquanto vácuo e aspersão são efetuados para gerar asfalto. Os produtos voláteis são condensados para produzir combustível, óleo parafínico e podem ser adicionalmente processados para produzir combustível refinado, parafina e óleo desparafinado. O produto obtido é um asfalto, em um processo de tempo reduzido e sem o uso de processos de destilação à base de propano. No entanto, essa referência não contempla o processamento de resíduos multifásicos, principalmente aqueles resíduos com teores elevados de água, nem o uso de um reator com aquecimento em rampa, com várias temperaturas, com coletores e borbulhadores para os diversos tipos de produtos gasosos coletados. Nessa patente norte-americana, a alimentação de gás inerte é contínua, enquanto no presente sistema e processo o gás inerte é adicionado no início da operação para criar uma atmosfera inerte, que posteriormente é mantida inertizada pela geração de gases.

Por outro lado, as patentes US 4.618.735, 4.781.796, 5.865.956 e 5.847.248 contemplam a conversão de esgotos municipais para a produção de produtos hidrocarboneto gasosos e líquidos em ausência de oxigênio, utilizando

basicamente processos de conversão a baixa temperatura. Tais processos têm como premissa básica o processamento de uma carga seca de esgotos ou outros resíduos, o que torna inaplicável essa tecnologia à situação de resíduos de petróleo ou de outras fontes com teores ilimitados de água, óleo e sólidos.

- 5 Assim, apesar das abordagens da técnica, verifica-se que ainda há necessidade de um sistema para tratamento de resíduo multifásico com teor ilimitado de água, óleo e sólidos, compreendendo um reator tubular onde o resíduo multifásico é aquecido sob pressão reduzida e em presença de gás inerte, o aquecimento sendo efetuado em zonas distintas de temperatura com uma
- 10 primeira zona de evaporação de água livre e emulsionada no resíduo e eluição de hidrocarbonetos leves, uma segunda zona de dessorção térmica e uma terceira zona de pirólise branda, tal sistema e processo de tratamento associado sendo descritos e reivindicados no presente pedido.

SUMÁRIO DA INVENÇÃO

- 15 De um modo amplo, a invenção se refere a um sistema para tratamento de resíduo multifásico contendo teor ilimitado de água, óleo e sólidos para obtenção de hidrocarbonetos e outros produtos úteis, que compreende:
- a) sistema de alimentação de resíduo multifásico que desloca de forma controlada dito resíduo para o interior de um reator sob atmosfera inerte e
 - 20 pressão reduzida;
 - b) reator tubular constituído de camisa de aço refratário e provido de helicóide de transporte, três conjuntos independentes de resistências elétricas sendo montados ao redor da dita camisa formando zonas de reação Z-1, Z-2, Z-3, o dito reator sendo dotado de três saídas na parte superior para os gases
 - 25 condensáveis produzidos e na parte inferior, acesso para alimentação de resíduo e acesso para coleta de sólidos produzidos no processo, dito reator funcionando no modo selado;
 - c) sistema de coleta de sólidos produzidos, constituído de válvulas e silo intermediário;
 - 30 d) três condensadores para coleta de água e hidrocarbonetos leves emergindo de cada uma das zonas Z-1, Z-2 e Z-3 do dito reator, também sob pressão reduzida, os condensadores sendo conectados a borbulhadores;

- e) borbulhadores constituídos de recipientes contendo produtos químicos e dispersores destinados à lavagem dos gases não condensáveis;
- f) sistema de controle operacional para monitoramento das condições de processo.

5 No sistema proposto, a alimentação de resíduo é introduzida no reator que é mantido sob pressão negativa e atmosfera inerte, o resíduo é deslocado ao longo do helicóide de transporte do reator tubular, as diferentes zonas são aquecidas sucessivamente, e os gases condensáveis produzidos são recolhidos de forma independente em condensadores conectados a borbulhadores para
10 captura de produtos contaminantes ou compostos específicos.

 O resíduo sólido é coletado e adicionalmente processado para outros usos industriais. A fase aquosa residual contendo produtos com valor agregado, coletada nos condensadores e borbulhadores é tratada com vistas ao aproveitamento desses produtos.

15 E o processo para tratamento de resíduo multifásico contendo teores ilimitados de água, óleo e sólidos compreende injetar no reator tubular, de forma controlada, com auxílio de uma bomba de deslocamento positivo, mantendo uma coluna vertical preenchida de modo a manter a pressão reduzida, uma
20 alimentação de resíduo multifásico com teor ilimitado de óleo, água e sólidos, dita alimentação sendo submetida no dito reator a três zonas distintas de aquecimento, uma primeira zona a partir de 80°C, evaporando água e hidrocarbonetos leves eluídos para condensadores, uma segunda zona a partir de 180°C, efetuando dessorção térmica, e uma terceira zona de pirólise branda a partir de 250°C com conversão parcial da fração mais pesada em compostos com
25 pesos moleculares inferiores, também vaporizados e eluídos para os respectivos condensadores, o sistema de coleta dos sólidos produzidos compreendendo duas válvulas e um sistema intermediário para manter inerte a atmosfera em contato com o interior do reator. O processo envolve ainda dirigir os gases eluídos para
30 um conjunto de borbulhadores contendo produtos químicos e dispersores para capturar por reação química e de forma seletiva os contaminantes ou compostos específicos. Um queimador consome o excesso de gases não absorvidos nos borbulhadores.

Assim, a invenção provê um sistema para tratamento de resíduos multifásicos com teor ilimitado de água, óleo e sólidos para obtenção de hidrocarbonetos que compreende um reator tubular mantido sob atmosfera inerte e pressão reduzida dotado de três zonas independentes de aquecimento com
5 coleta separada dos produtos líquidos resultantes do processo, e coleta do sólido produto.

A invenção provê ainda um processo para tratamento de resíduos multifásicos com teor ilimitado de água, óleo e sólidos para obtenção de hidrocarbonetos e outros produtos utilizando o sistema descrito.

10 A invenção provê ainda um sistema e processo úteis para o tratamento de resíduos multifásicos provenientes da indústria de petróleo, resíduos municipais, curtumes, matadouros de animais, indústria alimentícia, indústria de papel e celulose, mineração, areias de fundição para recuperação de fenóis, indústrias químicas e farmacêuticas, com vistas à obtenção de hidrocarbonetos e
15 produtos sólidos.

A invenção provê ainda um sistema e processo que atuam de modo ambientalmente correto, por processar resíduos multifásicos como esgotos municipais, resíduos de petróleo e outros, puros ou misturados em qualquer proporção, daí obtendo hidrocarbonetos e sólidos aproveitáveis, enquanto
20 substâncias úteis presentes na água recuperada do resíduo tratado são igualmente aproveitadas.

BREVE DESCRIÇÃO DOS DESENHOS

A FIGURA 1 anexa é um gráfico que ilustra a evolução da potência absorvida, volume de carga de resíduo e temperatura de reação através das
25 zonas 1, 2 e 3 do reator, vs a temperatura interna do reator.

A FIGURA 2 anexa é um fluxograma simplificado do sistema da invenção para o tratamento de resíduos multifásicos com proporção ilimitada de água, óleo e resíduo sólido.

DESCRIÇÃO DETALHADA DAS MODALIDADES PREFERIDAS DA INVENÇÃO

30 Um aspecto da invenção é um sistema para tratamento de resíduos multifásicos contendo teor ilimitado de água, óleo e sólidos.

Os resíduos multifásicos com teor ilimitado de água, óleo e sólidos que são suscetíveis de tratamento pelo sistema e processo da invenção compreendem:

(a)

5 A Figura 1 é um esquema geral do comportamento dos fluxos de massa envolvidos no sistema da invenção. Pode-se ver como o volume inicial de carga de produto na zona 1 exige uma certa potência absorvida, que se torna menor nas zonas seguintes em função das variações de volume e da rampa de temperatura aplicada.

10 A Figura 2 ilustra o sistema da invenção, geralmente designado pelo numeral (100), que compreende: alimentação (10) de resíduo, alimentação (20) de gás inerte, sistema de pressão reduzida (30), reator tubular (40) com aquecimento, sistema selado (50) de descarga de sólidos, sistema de condensação de gases (60), borbulhadores (70) de captura para compostos
15 específicos, (80) sistema de controle e (90), pós-tratamento do sólido produto.

Os diversos itens que compõem o sistema (100) da invenção serão detalhados a seguir com base na Figura 2.

O sistema de alimentação (10) de resíduo é composto por uma bomba de deslocamento positivo (11) que tem por objetivo deslocar o resíduo multifásico de forma controlada para o interior do reator tubular (40) via uma linha (12),
20 sempre mantendo uma coluna vertical preenchida, que funciona como selo de vácuo. O resíduo é introduzido no reator tubular (40) pela entrada (43). A bomba (11) é adaptada a uma moega (13) que recebe a carga de resíduo multifásico. A alimentação é ligada ao sistema de controle (80) que permite aumentar ou reduzir
25 a vazão de resíduo multifásico para o reator tubular (40).

De preferência a alimentação é utilizada sob forma cominuída e homogeneizada a fim de facilitar o processamento do resíduo multifásico no reator tubular (40). Para resíduos multifásicos não homogêneos como aquele de curtumes e matadouros de aves, pode-se moer, amassar ou triturar previamente o
30 resíduo. Outros resíduos como pneus velhos podem ser moídos e os metais de reforço separados antes do processamento.

Alimentação (20) de gás inerte, que pode ser argônio, nitrogênio ou qualquer outro gás que apresente essas propriedades. O gás inerte é introduzido

no. reator tubular (40) via a linha (21) através da entrada (48). O controle de injeção de gás é implementado de modo a não permitir que haja contaminação do sistema interno com o ambiente. O fluxo de gás inerte é introduzido no reator tubular (40) de modo a inertizar o sistema. Uma vez inertizado, o sistema
5 permanece nessa situação graças aos gases gerados no próprio processo de modo que não há necessidade de adição contínua de gás inerte.

Sistema de vácuo (30), composto por bomba de vácuo de alta vazão, tipo soprador industrial, com capacidade de impor uma depressão em torno de 400 a 1000 mbar.

10 Reator tubular (40), composto por uma camisa (41) de aço refratário e um helicóide de transporte interno (42) com passo fixo montado em mancais. A velocidade do helicóide de transporte (42) é variável conforme o tempo de residência desejado para cada tipo de resíduo. Os controles (80) permitem adaptar a velocidade do helicóide (42) ao tipo de resíduo multifásico sendo
15 processado. Ao redor da camisa externa (41) são montados três conjuntos de resistências elétricas, Z-1 a Z-3, ou outro sistema compatível para aquecimento direto, onde cada conjunto de resistências possui controle e acionamento independentes. Assim, embora o reator tubular (40) seja constituído de uma única câmara, em realidade é como se houvesse três reatores contíguos efetuando três
20 processos reacionais distintos, quais sejam, evaporação, dessorção térmica e pirólise branda.

Para resíduos de alto teor de sólidos e baixo teor de água, a parte superior do reator tubular (40) é provida de uma entrada de resíduo (43a).

O reator tubular (40) funciona de modo selado. A selagem é efetuada
25 pelas colunas de resíduo (linhas (12, 12a)). O gás inerte adicionado bem como os gases gerados no sistema reacional igualmente mantêm o sistema selado.

Uma característica distintiva do sistema da invenção em relação ao estado da técnica é que não é contemplada a recirculação de gases. Isto evita necessidade de controles específicos sobre a saturação do ambiente interno
30 relativo aos contaminantes e aumenta o grau de segurança.

Na Zona 1 a temperatura a partir de 80°C permite que tanto a água livre quanto a água emulsionada no resíduo sejam evaporadas e os

hidrocarbonetos leves sejam eluídos através da saída (45) até o condensador (61) via a linha (61a).

Na Zona 2 com temperaturas controladas a partir de 180°C inicia-se um processo de dessorção térmica, acrescido de quebras de ligação de moléculas. Os produtos de reação são eluídos pela saída (46) até o condensador (62) via a linha (62a).

Na Zona 3 ocorre uma pirólise branda a partir de 250°C e a fração mais pesada com concentrações maiores de resinas e asfaltenos é parcialmente convertida em compostos com pesos moleculares inferiores, sendo vaporizados, saindo pela saída (47) e também eluídos para o condensador (63) via a linha (63a).

Em cada Zona são gerados óleo com concentrações de Nafta, LCO e Fundos diferentes.

Na parte inferior do reator tubular (40) são dispostos dois acessos, sendo um (43) para alimentação da matéria prima de resíduo e outro (44) para coleta dos sólidos resultantes do processo.

O sistema de coleta (50) dos sólidos gerados é conectado ao reator tubular (40) via uma linha (49) e composto por duas válvulas (51, 52), respectivamente superior e inferior inseridas em um silo (53), dito silo tendo a finalidade de manter inerte a atmosfera em contato com o interior do reator tubular (40). A válvula superior (51) permanece normalmente aberta expondo o interior do recipiente coletor de sólidos (53) ao vácuo do sistema, a válvula inferior (52) permanece fechada retendo os sólidos.

No processo de coleta, que é temporizado, a válvula superior (51) é fechada, a pressão do recipiente é aumentada pela injeção de gás inerte proveniente do sistema (20) via linha (22) sendo então aberta a válvula inferior (52). Durante este processo é mantida a injeção de gás. Ao final da coleta a válvula inferior (52) é fechada, a pressão sobe, sendo então aberta a válvula superior (51), iniciando-se um novo ciclo de coleta de sólidos.

O tempo de residência de uma carga de resíduo multifásico no reator tubular (40) oscila entre amplos limites dependendo do teor de água, óleo e sólidos do resíduo, e pode se situar entre 40 e 120 minutos.

Sistema (60) de condensadores (61, 62, 63) para os gases gerados. De preferência são condensadores tipo casco tubo com fluxo inverso de refrigerante. Os condensadores (61, 62, 63) são conectados a saídas (45, 46, 47) do reator tubular (40) e acoplados a tanque de coleta (não representado), que
5 também funciona como decantador, e estão sob vácuo.

As válvulas (61b, 62b e 63b) são respectivamente as válvulas de vazão dos produtos coletados nos condensadores (61, 62, 63).

Os condensadores (61, 62, 63) são também ligados ao sistema de borbulhadores (70) via a linha (64).

10 Sistema (70) de borbulhadores (71, 72, 73) compostos de recipientes contendo produtos químicos e dispersores com a finalidade de aumentar a área de contato do gás produzido. O objetivo é capturar por reação química e de forma seletiva os produtos contaminantes ou compostos específicos. O sistema (70) é ligado ao sistema de vácuo (30) via a linha (74). Ao final da linha de gases é
15 instalado um queimador (75) alimentado com gás combustível ou GLP para neutralizar a saída do sistema. Em escala industrial quaisquer gases gerados podem ser encaminhados para usos industriais.

Os produtos químicos e dispersores contidos nos borbulhadores (71, 72, 73) são usualmente soluções básicas, ácidas ou neutras. Soluções básicas
20 úteis são soluções diluídas de aminas, soluções diluídas de hidróxidos de metais alcalinos como hidróxido de sódio ou hidróxido de potássio. Soluções ácidas úteis são soluções diluídas de permanganato de potássio em meio ácido, soluções diluídas de ácidos minerais como ácido sulfúrico ou clorídrico. Os borbulhadores (71, 72, 73) podem conter alternativamente seqüestrantes de substâncias como
25 mercúrio, boro ou qualquer outro contaminante presente no resíduo multifásico.

Sistema de controle (80), destinado a controlar a bomba de vácuo (31) do sistema de vácuo (30), o tempo de residência no reator tubular (40) através da rotação do helicóide de transporte (42), a rotação da bomba (11) de modo a variar a alimentação de resíduo multifásico, as válvulas (23) e (24) que controlam a
30 selagem, válvulas (51) e (52) e válvulas (61b, 62b e 63b) de vazão dos produtos coletados nos condensadores (61, 62, 63). O sistema de controle (80) compreende dispositivos eletro-eletrônicos além de dispositivos pneumáticos. Ao

sistema (80) está associada uma interface do tipo SCADA ou outro software similar.

Sistema de pós-tratamento (90), a ser aplicado sobre os sólidos coletados no silo (53), esses sólidos sendo direcionados para ativação visando o aproveitamento industrial dos mesmos.

E o processo de tratamento de resíduos multifásicos com teor ilimitado de água, óleo e sólidos para obtenção de hidrocarbonetos conforme a invenção compreende as etapas de:

- a) prover um reator tubular (40) dotado de helicóide de transporte (42) para deslocar de modo contínuo, o resíduo em tratamento ao longo do dito reator tubular (40) e camisa (41) de aço refratário, sob condições de pressão reduzida e atmosfera de gás inerte, funcionando no modo selado, dito reator tubular (40) sendo dotado de três zonas independentes Z-1, Z-2, Z-3 de aquecimento em rampa, sistema (60) de condensação de gases produzidos em cada uma das ditas zonas de aquecimento, entrada de resíduo (43) e saída de produto (44);
- b) dirigir, via linha (12), a partir de um dispositivo (11) de alimentação, uma proporção de resíduo a ser tratado para o reator tubular (40) através da entrada (43), o resíduo sendo então submetido em torno de 15-30 minutos a aquecimento na zona Z-1 a temperaturas a partir de 80°C para evaporação de água livre e emulsionada, os hidrocarbonetos leves presentes sendo dirigidos pela saída (45) via a linha (61a) até o condensador (61);
- c) deslocar a massa residual proveniente da zona Z-1 para a zona de aquecimento Z-2 do reator tubular (40), durante tempo de residência em torno de 10-20 minutos, e aquecer dita massa a temperaturas a partir de 180°C quando ocorre um processo de dessorção térmica, os hidrocarbonetos obtidos sendo dirigidos pela saída (46) até o condensador (62) via a linha (62a), obtendo uma massa residual com frações de hidrocarboneto mais pesadas e sólidos;
- d) deslocar a massa residual obtida em c) contendo dita fração mais pesada para a zona de aquecimento Z-3 do reator tubular (40), durante um tempo de residência em torno de 15-30 minutos, dita massa sendo então submetida a condições de pirólise branda a partir de 250°C de modo a converter

- parcialmente essa fração mais pesada em compostos hidrocarbonetos com pesos moleculares inferiores, esses compostos sendo vaporizados e dirigidos pela saída (47) até o condensador (63) via a linha (63a), enquanto os sólidos resultantes do processo são dirigidos sob atmosfera inerte via a linha (49) para um sistema (50) de coleta;
- 5 e) coletar os sólidos produzidos em d) abrindo a válvula superior (51) do recipiente coletor (53) enquanto a válvula inferior (52) permanece fechada;
- f) recuperar os sólidos coletados em e), fechando a válvula superior (51) enquanto a pressão do recipiente (53) é aumentada com auxílio de injeção de
- 10 gás inerte via o sistema de gás inerte (20) conectado ao recipiente (53) via a linha (22), e abrindo a válvula inferior (52);
- g) pós-tratar por ativação os sólidos recuperados em f), para usos industriais.

O material hidrocarboneto recolhido nos condensadores (61, 62, 63) resultante do processo da invenção é separado em decantadores (não representados), obtendo hidrocarbonetos com teor de água entre 0,30 e 0,50% vol/vol.

15

A água recuperada do processo por evaporação e como água de reação coletada no sistema (60) de condensadores (61, 62, 63) é analisada e pode ser fonte de produtos úteis como amônia, metais, etc.

20 O sistema e processo associado ao mesmo representam uma alternativa econômica ao processo atual de tratamento de resíduos municipais na forma sólida, esse processo exigindo grande energia para secagem da água presente no resíduo. O presente sistema trabalha o resíduo multifásico a partir de 15% de sólidos, o que reduz grandemente gastos em energia para evaporação de

25 água.

O ganho ambiental decorrente do presente sistema e processo é uma importante característica da invenção. Tal ganho decorre do fato de que não só muitos tipos de resíduos orgânicos ou de petróleo deixarão de ocupar imensas áreas de landfarming, onde a degradação biológica ocorre muito lentamente, como também produtos úteis decorrentes do aproveitamento do resíduo

30 multifásico contribuirão para reduzir o custo do sistema e processo.

Além disso, a água associada ao resíduo bem como a água de reação têm o aproveitamento garantido, o descarte final sendo de uma água com impacto ambiental praticamente nulo.

O aproveitamento do resíduo sólido acrescenta mais uma vantagem ao processo, tanto do ponto de vista ambiental como econômico, destinando-se a
5 vários usos industriais.

Assim, o processo da invenção pode ser qualificado como um processo integrado em suas diversas etapas, contemplando o tratamento de uma matéria prima inicialmente problemática para obtenção de uma gama de produtos,
10 desde os hidrocarbonetos até substâncias dissolvidas na água separada, e aproveitamento do resíduo sólido final.

Ainda uma característica do processo da invenção, viabilizada pelo sistema proposto, é a extrema versatilidade, já que podem ser admitidos ao sistema resíduos multifásicos tão variados como resíduos municipais, lodos de
15 fundos de baía, pneus velhos, borras de petróleo de fundo de tanque e de separador API, derrames de petróleo em água do mar e solos, resíduos orgânicos de curtumes e matadouros de animais em geral, resíduos de indústrias de papel e celulose, resíduos de mineração, de indústrias químicas e farmacêuticas, além de possibilitar a recuperação de fenóis a partir de areias de fundição.

REIVINDICAÇÕES

1. Sistema para tratamento de resíduos multifásicos com teor ilimitado de água, óleo e sólidos, para obtenção de hidrocarbonetos e outros produtos, caracterizado por que compreende:

- 5 a) sistema (10) de alimentação de resíduo multifásico para deslocar de forma controlada via linha (12) dito resíduo para o interior de um reator tubular (40) sob atmosfera inerte e pressão reduzida;
- 10 b) reator tubular (40) constituído de camisa (41) de aço refratário e provido de helicóide de transporte (42), três conjuntos independentes de resistências elétricas Z-1, Z-2, Z-3 sendo montados ao redor da dita camisa (41) formando zonas de reação com aquecimento em rampa, o dito reator tubular (40) sendo dotado de três saídas (45, 46, 47) na parte superior para os gases condensáveis produzidos e na parte inferior, acessos (43) para
- 15 alimentação de resíduo multifásico e (44) para coleta de sólidos produzidos, dito reator (40) funcionando no modo selado;
- c) sistema (50) de coleta de sólidos produzidos, constituído de válvulas (51, 52) e silo (53) intermediário;
- 20 d) sistema (60) de três condensadores (61, 62, 63) para coleta de água e hidrocarbonetos leves emergindo de cada uma das zonas Z-1, Z-2 e Z-3 do dito reator tubular, também sob pressão reduzida, os condensadores (61, 62, 63) sendo conectados a borbulhadores (71, 72, 73) via a linha (64);
- 25 e) sistema (70) de três borbulhadores (71, 72, 73) constituído de recipientes contendo produtos químicos e dispersores destinados a receber e lavar os gases não condensáveis originados nas zonas de reação Z-1, Z-2 e Z-3;
- f) sistema (80) de controle operacional para monitoramento das condições de processo; e
- 30 g) sistema (90) de pós-tratamento dos sólidos coletados.
2. Sistema de acordo com a reivindicação 1, caracterizado por que o resíduo multifásico é um resíduo municipal com desde 15% de sólidos.

3. Sistema de acordo com a reivindicação 1, caracterizado por que o resíduo multifásico é um resíduo industrial proveniente de curtumes e matadouros.
4. Sistema de acordo com a reivindicação 1, caracterizado por que o resíduo multifásico é um resíduo de petróleo.
- 5 5. Sistema de acordo com a reivindicação 4, caracterizado por que o resíduo de petróleo é proveniente de um separador API.
6. Sistema de acordo com a reivindicação 4, caracterizado por que o resíduo de petróleo é uma borra de petróleo.
7. Sistema de acordo com a reivindicação 4, caracterizado por que o resíduo de petróleo é um óleo de um derrame no mar ou em solo.
- 10 8. Sistema de acordo com a reivindicação 4, caracterizado por que o resíduo de petróleo é proveniente do fundo de tanques de armazenamento de petróleo ou derivados.
9. Sistema de acordo com a reivindicação 1, caracterizado por que o resíduo multifásico é uma mistura em qualquer proporção, de resíduos orgânicos e resíduos de petróleo.
- 15 10. Sistema de acordo com a reivindicação 1, caracterizado por que o resíduo multifásico é proveniente de pneus velhos.
11. Sistema de acordo com a reivindicação 1, caracterizado por que o resíduo multifásico é um resíduo de dragagem de fundos de baías e aterros.
- 20 12. Sistema de acordo com a reivindicação 1, caracterizado por que o resíduo multifásico é proveniente de uma indústria de papel e celulose.
13. Sistema de acordo com a reivindicação 1, caracterizado por que o resíduo multifásico é proveniente de uma indústria de mineração.
- 25 14. Sistema de acordo com a reivindicação 1, caracterizado por que o resíduo multifásico é proveniente de uma indústria química e farmacêutica.
15. Sistema de acordo com a reivindicação 1, caracterizado por que o resíduo multifásico é proveniente de uma areia de fundição da qual se recuperam os fenóis.
- 30 16. Sistema de acordo com a reivindicação 1, caracterizado por que o sistema de alimentação (10) de resíduo multifásico é composto por uma bomba de deslocamento positivo (11) para deslocar o resíduo multifásico de forma

controlada para o interior do reator tubular (40) via uma linha (12), mantendo uma coluna vertical preenchida como selo de vácuo.

- 5 17. Sistema de acordo com a reivindicação 1, caracterizado por que para resíduos de alto teor de sólidos e baixo teor de água, a parte superior do reator (40) é provida de uma entrada de resíduo (43a).
18. Sistema de acordo com a reivindicação 1, caracterizado por que a selagem do reator tubular (40) é efetuada pelas colunas de resíduo, linhas (12, 12a).
- 10 19. Sistema de acordo com a reivindicação 1, caracterizado por que adicionalmente a selagem é efetuada pelo gás inerte adicionado através das válvulas de selagem (23, 24) bem como pelos gases gerados no sistema reacional.
20. Sistema de acordo com a reivindicação 1, caracterizado por que os condensadores (61, 62, 63) são conectados a saídas (45, 46, 47) do reator tubular (40) e acoplados a tanque de coleta para armazenamento dos produtos hidrocarboneto gerados.
- 15 21. Sistema de acordo com a reivindicação 1, caracterizado por que o sistema (70) de borbulhadores (71, 72, 73) é destinado a capturar por reação química e de forma seletiva os produtos contaminantes ou compostos específicos.
- 20 22. Sistema de acordo com a reivindicação 22, caracterizado por que os produtos químicos e dispersores contidos nos borbulhadores (71, 72, 73) são soluções diluídas de bases, ácidos ou soluções neutras, ou sequestrantes de metais.
23. Sistema de acordo com a reivindicação 1, caracterizado por ser isento de recirculação de gases.
- 25 24. Sistema de acordo com a reivindicação 1, caracterizado por que o sistema de pós-tratamento (90) compreende a ativação dos sólidos coletados no silo (53) para usos industriais.
- 30 25. Processo para tratamento de resíduos multifásicos: com teor ilimitado de água, óleo e sólidos para obtenção de hidrocarbonetos e outros produtos utilizando o sistema da reivindicação 1, caracterizado por que compreende as seguintes etapas:

- 5 a) prover um reator tubular (40) dotado de helicóide de transporte (42) para deslocar de modo contínuo o resíduo em tratamento ao longo do dito reator (40), sob condições de pressão reduzida e atmosfera de gás inerte, funcionando no modo selado, dito reator (40) sendo dotado de três zonas independentes Z-1, Z-2, Z-3 de aquecimento em rampa, sistema (60) de condensação de gases produzidos em cada uma das ditas zonas de aquecimento, entrada de resíduo (43) e saída de produto (44);
- 10 b) dirigir, via linha (12), a partir de um dispositivo (11) de alimentação, uma proporção de resíduo a ser tratado para o reator (40) através da entrada (43), o resíduo sendo então submetido em torno de 15-30 minutos a aquecimento na zona Z-1 a temperaturas a partir de 80°C para evaporação de água livre e emulsionada, os hidrocarbonetos leves presentes sendo dirigidos pela saída (45) via
- 15 a linha (61a) até o condensador (61);
- c) deslocar a massa residual proveniente da zona Z-1 para a zona de aquecimento Z-2 do reator (40), durante tempo de residência em torno de 10-20 minutos, e aquecer dita massa a temperaturas a partir de 180°C quando ocorre um processo de dessorção térmica, os hidrocarbonetos obtidos sendo dirigidos pela saída (46) até o
- 20 condensador (62) via a linha (62a), obtendo uma massa residual com frações de hidrocarboneto mais pesadas e sólidos;
- d) deslocar a massa residual obtida em c) contendo dita fração mais pesada para a zona de aquecimento Z-3 do reator (40), durante um
- 25 tempo de residência em torno de 15-30 minutos, dita massa sendo então submetida a condições de pirólise branda a partir de 250°C de modo a converter parcialmente essa fração mais pesada em compostos hidrocarbonetos com pesos moleculares inferiores, esses compostos sendo vaporizados e dirigidos pela saída (47) até
- 30 o condensador (63) via a linha (63a), enquanto os sólidos resultantes do processo são dirigidos sob atmosfera inerte via a linha (49) para um sistema (50) de coleta;

- e) coletar os sólidos produzidos em d) abrindo a válvula superior (51) do recipiente coletor (53) enquanto a válvula inferior (52) permanece fechada;
 - f) recuperar os sólidos coletados em e), fechando a válvula superior (51) enquanto a pressão do recipiente (53) é aumentada com auxílio de injeção de gás inerte via o sistema de gás inerte (20) conectado ao recipiente (53) via a linha (22), e abrindo a válvula inferior (52);
 - g) pós-tratar por ativação os sólidos recuperados em f), para usos industriais.
- 10 26.Processo de acordo com a reivindicação 26, caracterizado por que o material hidrocarboneto recolhido nos condensadores (61, 62, 63) é separado em decantadores, produzindo hidrocarbonetos com teor de água entre 0,30 e 0,50% vol/vol.
- 15 27.Processo de acordo com a reivindicação 26, caracterizado por que a água separada nos decantadores é analisada e os produtos úteis são aproveitados.

Fig. 1

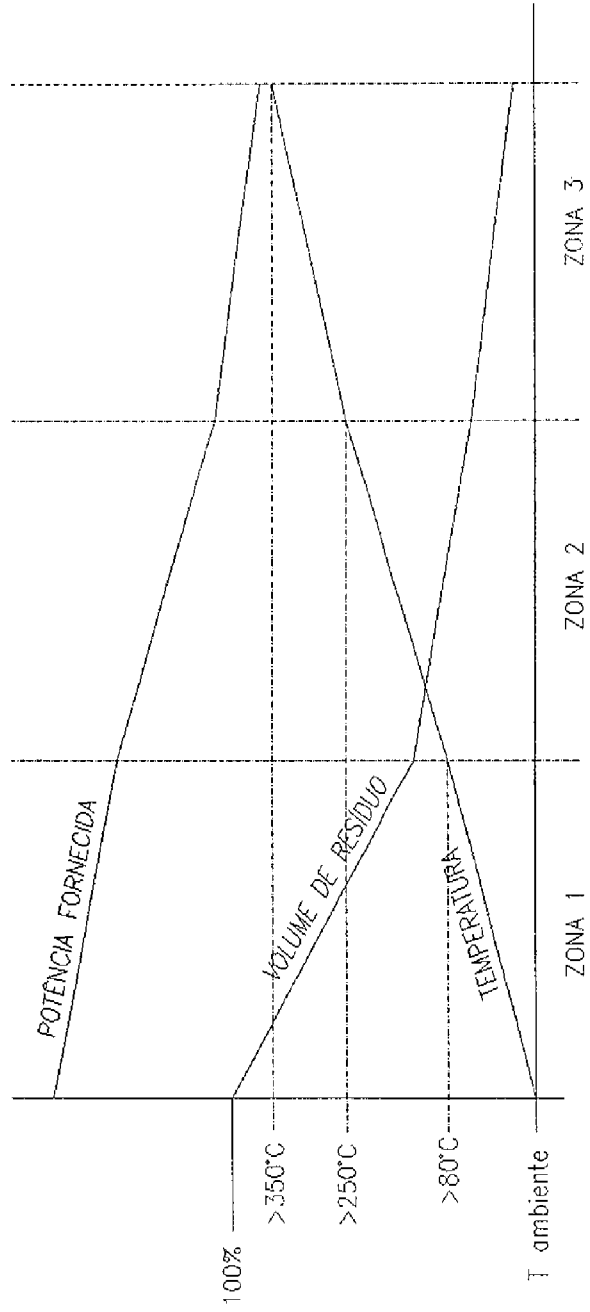
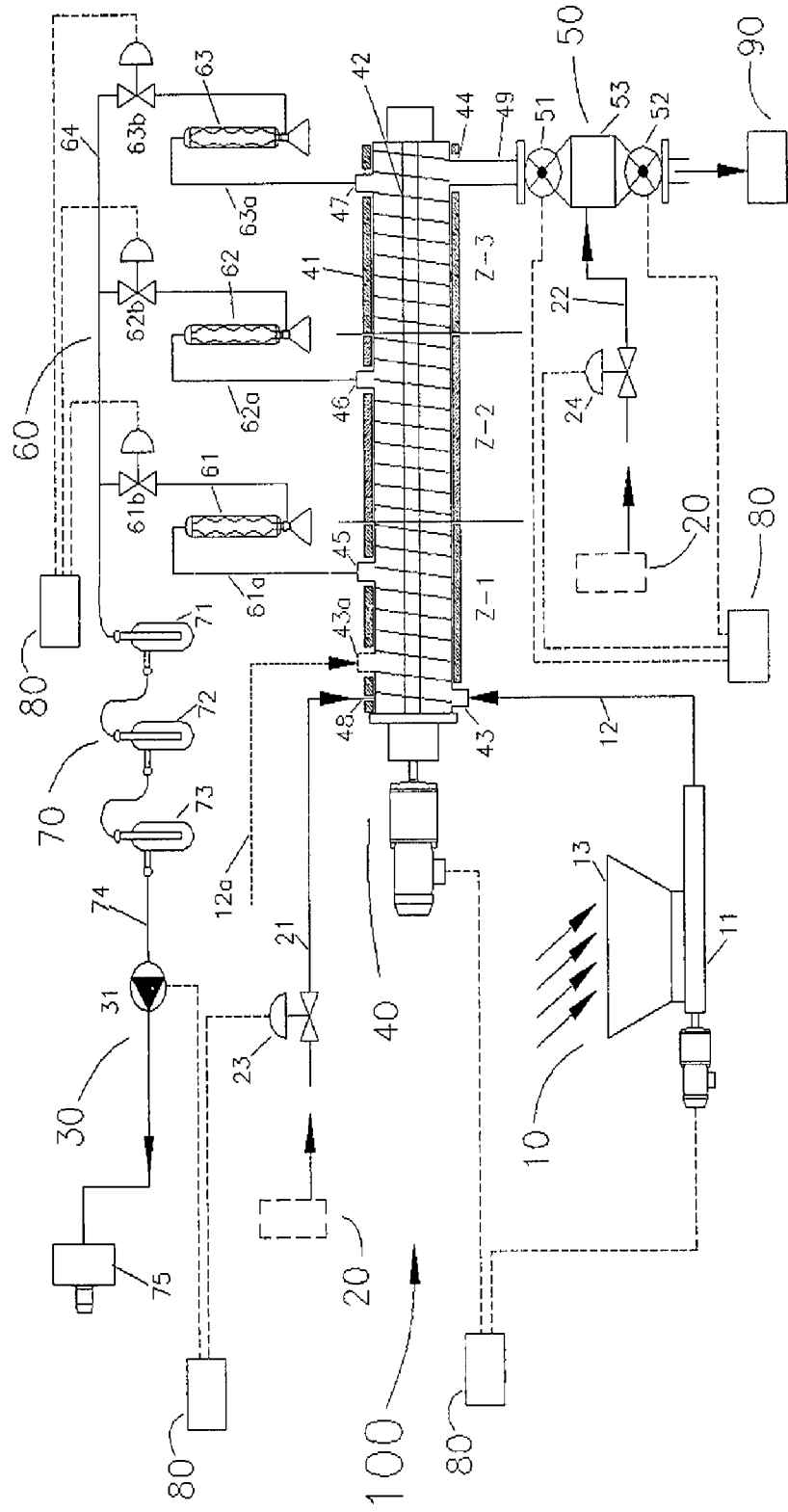


Fig. 2



RESUMO

SISTEMA E PROCESSO PARA TRATAMENTO DE RESÍDUOS MULTIFÁSICOS

É descrito um sistema (100) para tratamento de resíduos multifásicos com qualquer proporção de água, óleo e sólidos para obter hidrocarbonetos e outros produtos, dito sistema compreendendo sistema de alimentação (10) de resíduo multifásico, sistema (20) de gás inerte e (30) de pressão reduzida, reator tubular (40) dotado de três zonas de aquecimento em rampa Z-1, Z-2, Z-3 e helicóide de transporte (42) para deslocar a massa de resíduo ao longo das zonas de reação, os produtos hidrocarboneto e água produzidos em cada zona de reação sendo coletados em sistema (60) de condensadores (61, 62, 63) ligado a sistema (70) de borbulhadores (71, 72, 73), o reator (40) operando no modo selado e sendo dotado de entrada de resíduo multifásico (43) e saída de produto sólido (44). O produto sólido é coletado em sistema (50) compreendendo válvula superior (51) e inferior (52), e silo intermediário (53) e encaminhado para o sistema (90) de pós-tratamento para ativação com vistas a aplicação industrial. O processo que utiliza o sistema (100) da invenção também é descrito. Resíduos multifásicos orgânicos, de petróleo puros ou misturados, de indústrias químicas e farmacêuticas, de papel e celulose e mineração, podem ser processados no sistema da invenção. Além disso, é possível efetuar a recuperação de fenóis a partir de areias de fundição no sistema e processo da invenção.