(12) PEDIDO INTERNACIONAL PUBLICADO SOB O TRATADO DE COOPERAÇÃO EM MATÉRIA DE PATENTES (PCT)

(19) Organização Mundial da Propriedade Intelectual
Secretaria Internacional

(43) Data de Publicação Internacional
22 de Abril de 2010 (22.04.2010)

PCT

(10) Número de Publicação Internacional
WO 2010/043011 A2

(51) Classificação Internacional de Patentes :
C10B 53/00 (2006.01) *B09C 1/06* (2006.01)
C10B 53/07 (2006.01) *C09C 1/48* (2006.01)
C10B 47/16 (2006.01)

(21) Número do Pedido Internacional :
PCT/BR2009/000321

(22) Data do Depósito Internacional :
16 de Outubro de 2009 (16.10.2009)

(25) Língua de Depósito Internacional : Português

(26) Língua de Publicação : Português

(30) Dados Relativos à Prioridade :
PI0804349 16 de Outubro de 2008 (16.10.2008) BR

(71) Requerente *(para todos os Estados designados, exceto US)* : **RM MATERIAIS REFRATÁRIOS LTDA.** [BR/BR]; Av, Dr. Léo de Affonseca Netto, 750 - parte, Lorena - Sp, Cep: 12600-350 (BR).

(72) Inventores; e

(75) Inventores/Requerentes *(para US únicamente)* : **GARCIA PINATTI, Daltro** [BR/BR]; Rua Oswaldo Aranha, 1194,, casa 1, Vila Zélia, Lorena, - SP Cep: 12606-001 (BR). **OLIVEIRA, Isaías** [BR/BR]; Rua Luiz Gonzaga Correa Sobrinho, 34, Village das Palmeiras - SP, cep: 12600-651 (BR). **GUEDES SOARES, Álvaro** [BR/BA]; Rua José Osvaldo Del Monaco, 105, Tabatinga, Lorena - SP, Cep: 12607-360 (BR). **ROMÃO, Érica Leonor** [BR/BR]; Rua Lulu Meyer, 135 apt° 03, Bairro Cruz, Lorena - SP, Cep: 12606-110 (BR). **FERREIRA, João Carlos** [BR/BR]; Av. Godoy Neto, 350, apt° 402, Vila Dom Bosco$Lorena - SP, Cep. 12607-060 (BR).

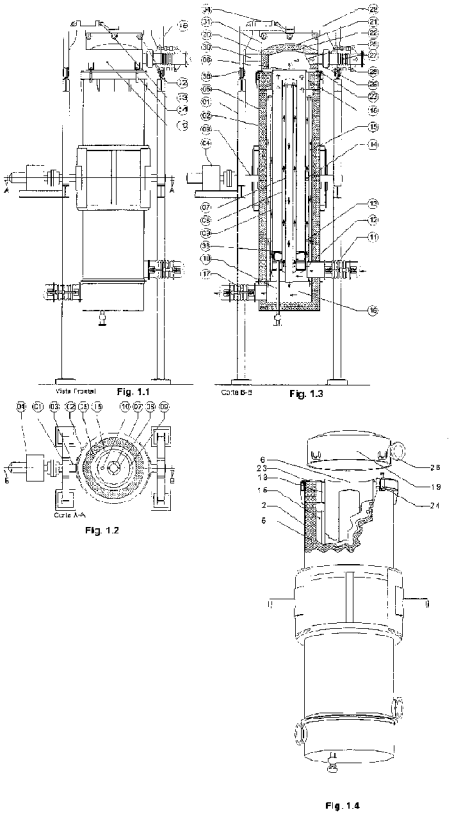
(74) Mandatário : **DANNEMANN, SIEMSEN, BIGLER & IPANEMA MOREIRA**; Caixa Postal 2142, Rio de Janeiro - RJ, Cep: 22251-040 (BR).

(81) Estados Designados *(sem indicação contrária, para todos os tipos de proteção nacional existentes)* : AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK,

(Continua na página seguinte)

(54) Title : APPARATUS AND PROCESS FOR THERMAL DECOMPOSITION OF ANY KIND OF ORGANIC MATERIAL

(54) Título : APARELHO E PROCESSO PARA DECOMPOSIÇÃO TÉRMICA DE QUALQUER TIPO DE MATERIAL ORGÂNICO



(57) Abstract : The present invention refers to a Low Temperature Conversion apparatus composed of tri-tubes which simultaneously carries out the functions of vessel and heat exchanger. This apparatus is capable of thermally decomposing any kind of organic material to obtain coal, oil, water and non-condensable gases, and also decontaminating soils and residues contaminated with organochlorides and dioxins. The apparatus is used for thermal decomposition of any kind of organic material and comprises: an outer box (2) with a hermetic lid (19); a thermal insulation layer (5) disposed throughout the inner surface of the outer box (2) and lid, said apparatus also comprising at least a structure with three concentric tubes disposed internally, positioned substantially vertically and with a wall width suitable for heating by means of gases from an inner side and outer side of said structure. The invention also refers to a process for thermal decomposition of any kind of organic material using the apparatus of the present invention and comprises the steps of feeding the organic material into the apparatus; heating with gases on the inside and outside of an annular region located in the concentric tubes inside the apparatus; processing with extraction and condensation of oil; cooling with gases; and tilting of the apparatus.

(57) Resumo :

(Continua na página seguinte)

WO 2010/043011 A2

DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) Estados Designados *(sem indicação contrária, para todos os tipos de proteção regional existentes)* : ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), Eurasiático (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), Europeu (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Publicado:

— *sem relatório de pesquisa internacional; será republicado após receção do mesmo (Regra 48.2(g))*

A presente invenção refere-se a um aparelho de Conversão de Baixa Temperatura composto de Tritubos que realiza simultaneamente as funções de vaso e trocador de calor. Este aparelho é capaz de promover a decomposição térmica de qualquer tipo de material orgánico para obtenção de carvão, óleo, água e gases não-condensáveis, como também promover a descontaminação de solos e resíduos contaminados com organoclorados e dioxinas. O aparelho é utilizado para decomposição térmica de qualquer tipo de material orgânico e compreende: uma caixa externa (2) com tampa hermética (19); uma camada de isolamento térmico (5) disposta em toda superfície interna da caixa externa (2) e tampa, o referido aparelho compreendendo ainda pelo menos uma estrutura com tres tubos concéntricos dispostos internamente, posicionados substancialmente na vertical e com a espessura de suas paredes adequada para aquecimento por meio de gases de um lado interno e externo da referida estrutura. A invenção ainda trata de um processo para decomposição térmica de qualquer tipo de material orgánico utilizando o aparelho da presente invenção e compreende as etapas de alimentação de material orgánico no interior do aparelho; aquecimento com gases no lado interior e exterior de uma região anular localizada nos tubos concéntricos internos ao aparelho; processamento com extração e condensação de óleo; resfriamento com gases; e basculamento do aparelho.

Relatório Descritivo da Patente de Invenção para "**APARELHO E PROCESSO PARA DECOMPOSIÇÃO TÉRMICA DE QUALQUER TIPO DE MATERIAL ORGÂNICO**".

Campo da Invenção

A presente invenção refere-se a um aparelho para decomposição (dissociação) térmica de qualquer tipo de material orgânico (biomassas, lodos, borras orgânicas, tortas, farelos, vinhaças secas, compósitos, excrementos de animais, pneus inservíveis, polímeros em geral, turfas, etc.) para obtenção de produtos comerciais tais como óleos (com frações graxas, diesel, aromáticos, limoneno, alcatrões, etc.) e carvões (tipo vegetal, linhito, betuminoso, negro-de-fumo recuperado - NFR, etc). O aparelho desta invenção possibilita também a destruição de produtos e solos contaminados com óleos, hidrocarbonetos organoclorados e dioxinas.

Descrição da técnica antecedente

A Patente Japonesa JP 56115386 de 1981 descreve um aparelho para carbonização de pneus velhos para geração de calor. Isso é realizado através da queima do gás gerado e obtenção de carvão sem preocupação com a recuperação do negro-de-fumo contido na matéria-prima. Ou seja, esse aparelho não permite o aproveitamento dos produtos da reação que são os carvões, negro-de-fumo recuperado obtido quando a matéria-prima for pneu, e o óleo. Na patente japonesa JP56115386 o aquecimento do pneu é feito através de contato direto do gás de combustão sobre o material a ser processado, através dos furos 5. Na verdade, o aparelho descrito nessa patente japonesa é um simples gaseificador com três vasos concêntricos.

Já o presente pedido de patente descreve um aparelho que permite o aproveitamento dos produtos da reação, os quais são os carvões (negro-de-fumo recuperado obtido quando a matéria-prima for pneu) e o óleo. Os conceitos construtivos da patente japonesa JP 56115386 e do presente pedido de patente são completamente diferentes. O aquecimento dos pneus (ou qualquer outra matéria-prima) na presente invenção é feito de forma indireta através da tecnologia de Tritubo (três tubos concêntricos). A

matéria-prima é colocada no espaço entre o tubo intermediário do Tritubo e tubo externo do Tritubo já o gás de aquecimento passa pela área entre o tubo intermediário do Tritubo e o tubo interno do Tritubo e também pela região externa do Tritubo. A presente invenção é um aparelho hermético que reproduz as condições geológicas de formação do carvão, petróleo e gases no subsolo (conforme Ernest Bayer), seus fracionamentos, otimizações de carregamento, descarregamento, baixo consumo de energia, custo de investimento, operacional e processamento de qualquer tipo de material orgânico inclusive pneus inteiros.

A patente Inglesa GB 362.522 de 1931 descreve uma máquina que é operada em regime de batelada para "carbonização a média temperatura" na faixa de 590ºC a 700ºC. Acima de 500ºC os processos são pirolíticos (gaseificações) e abaixo de 500ºC são conversões de baixa temperatura (craqueamento + síntese). Note-se que a faixa de operação usual da presente invenção é de 380ºC a 420ºC. Verifica-se que abaixo de 380 ºC a reação será muito lenta e não viável economicamente e acima de 420 ºC inicia-se a decomposição térmica de grande parte do óleo gerado pelo processo.

Voltando à patente inglesa, deve ser verificado que, terminada a reação, há uma grande dificuldade para descarga do coque produzido, pois o mesmo fica aderido às paredes do reator. Tenta-se superar esse problema por meio de duas providências:

a) a câmara de coqueificação tem seu volume aumentado através do movimento das paredes ocas 2 que são articuladas em uma de suas extremidades (figura 1). O produto é disposto entre pares de placas e o aquecimento é realizado no espaço entre os pares de placas;

b) a máquina tem um dispositivo para empurrar o coque que é acionado quando as paredes ocas são movidas e ao mesmo tempo são abertas às portas articuladas na parte inferior da câmara de coqueificação, de modo a permitir a descarga do coque.

A presente invenção resolve o problema da descarga do carvão de forma simples e diferente: terminada a reação, a tampa de fechamento do reator, que está montada em um carrinho sobre trilhos, se movimenta libe-

rando o reator, o equipamento todo é basculado em torno do seu eixo horizontal (o qual passa pelo centro de gravidade do aparelho) descrevendo um ângulo de cerca de 180 graus. A boca de alimentação do Tritubo, que nas etapas de alimentação e reação é voltada para cima, na descarga fica voltada para baixo e passa a ser uma boca de descarga. Assim, as principais diferenças entre esta patente e a presente invenção são:

1º) a patente GB 362.522 tem carregamento superior e o descarregamento inferior. A presente invenção possui apenas a tampa superior com basculamento para descarregamento visando à máxima hermeticidade possível;

2º) a patente GB 362.522 não é hermética. A presente invenção é hermética;

3º) a patente GB 362.522 aplica-se apenas a produção de coque a partir de carvão mineral. A presente invenção aplica-se a várias matérias-primas que produzem diferentes tipos de óleos e carvões;

4º) a máquina da patente GB 362.522 é de carregamento e descarregamento seqüencial (quase contínua). A da presente invenção é por batelada.

A Patente Japonesa JP 10279950 de 1998 descreve um equipamento de carbonização de pneus velhos, rejeitos de vinil, cavacos de madeira, etc. O equipamento tem construção vertical e é composto de um forno externo e um forno interno concêntrico ao primeiro. O forno interno apresenta uma saliência superior em relação ao forno externo. Os conceitos construtivos da patente japonesa JP 10279950 e da presente invenção são completamente diferentes. O problema da alimentação de matéria-prima e descarga de produtos na patente japonesa é resolvido através de cestos introduzidos via flange superior, o qual é instalado na parte saliente do tubo interno. Já na presente invenção não há cesto e o descarregamento é por basculamento. O cesto da patente JP 10279950 é dividido em três partes: inferior B1, intermediária B2 e superior B3. A parte inferior é fechada para impedir vazamento do carvão e as partes superiores e intermediárias possuem furos que permitem a descarga do produto.

Na presente invenção o problema da descarga do produto é resolvido pelo sistema de basculamento do equipamento. Terminada a reação, a tampa de fechamento do reator que é montada em um carrinho sobre trilhos se movimenta liberando o reator, o equipamento todo é basculado em torno do seu eixo horizontal (que passa pelo centro de gravidade do aparelho) descrevendo um ângulo de cerca 180 graus. A boca de alimentação do Tritubo, que nas etapas de alimentação e reação é voltada para cima, na descarga fica voltada para baixo e passa a ser uma boca de descarga. Um grande problema do equipamento da patente japonesa é ter um único tubo que se aplicado para quantidades industriais implica grandes diâmetros. O material carbonizado na parede externa do tubo interno atua como isolamento térmico para o material situado na parte central, passando a exigir várias horas e mesmo dias para término do processo, sendo portanto um aparelho muito pouco útil para qualquer aplicação industrial. O aparelho da presente invenção, além de várias características adicionais, resolveu a questão do tempo de processamento através dos Tritubos com aquecimento interno e externo da matéria-prima situada na parte anular, o que resulta em espessura de material pequena e tempos de processamento da ordem de 3 horas, permitindo assim que se alcance capacidade industrial. Deve ser verificado que a presente invenção ainda contempla a possibilidade dos gases utilizados na reação poderem ter temperaturas diferentes em uma modalidade alternativa da invenção.

A Patente Inglesa GB 330.980 de 1929 descreve um equipamento de carbonização de carvão mineral, turfa, madeira, etc. Os conceitos construtivos da patente inglesa GB 330.980 e da presente patente são completamente diferentes, a começar do princípio de operação que é continuo na primeira e por batelada na segunda. A patente inglesa GB 330,980 descreve um aparelho composto por vários containers verticais (retortas) montados estaticamente segundo uma simetria toroidal do tipo carrossel. Envolvendo este carrossel de retortas, há uma campânula com perfil anular formando um túnel que cobre o carrossel de retortas. Este túnel é montado sobre roletes e trilhos, têm um movimento circular periódico e é isolado com

berço de areia. O túnel apresenta regiões de carga, aquecimento e resfriamento. Desta forma é estabelecida a operação contínua do equipamento. Cada retorta dispõe ainda de uma porta superior para carga e inferior para descarga do carvão sobre uma caçamba e cada conjunto de três retortas possui uma tubulação estacionária, para saída dos vapores (subprodutos). Através desta tubulação coletora, são retirados os vapores gerados no processo que são conduzidos para uma planta de destilação. Não há nada na patente inglesa que se assemelhe à figura do Tritubo que é a principal característica do equipamento da presente invenção cuja configuração é cilíndrica, vertical e com elementos mecânicos e processos completamente diferentes. A falta da hemerticidade e a temperatura da reação faz com que o produto final da patente inglesa seja completamente diferente do da presente invenção.

A patente Americana 5.095.040 de 1992 é uma patente de processo. Ela descreve a utilização de equipamentos convencionais (picadores de pneus, peneiras vibratórias, eletro-ímãs, moegas para estocagem, forno rotativo, queimadores, controladores de temperatura, torre de condensação com recheio, tanques de óleo e chaminé) para o processamento térmico de pneus velhos, em ambiente livre do ar atmosférico, porém não-hermético. A seqüência de processo é: a) picamento do pneus; b) separação dos pedaços finos com dimensões de 1,27 cm (½") a 1,9 cm (¾") e descarte do material grosso incluindo o metal; c) silo pulmão de matéria-prima (pedaços pequenos); d) carbonização em forno rotativo na ausência do ar atmosférico; e) recuperação do produto sólido (carvão poroso); f) condensação dos vapores gerando óleo e g) queima ou descarte em chaminé dos gases não-condensáveis. Na patente americana não há menção sobre as características e aplicações do produto sólido (carvão poroso). Já na presente invenção, quando se processa biomassa contendo lipídios, proteínas e lignocelulósicos tem-se o carvão e ao se processar pneus tem-se o negro-de-fumo recuperado (NFR). Também não é citada a composição química e as aplicações do óleo, mas sim suas propriedades físicas 41,8 MJ/kg (18.000 BTU/pound), gravidade específica de 0,90, ponto de fluidez de -7 ºC e ponto

de ebulição de 112 ºC (óleo nº 4). Os gases não-condensáveis são enviados para chaminé ou são queimados em um ou mais queimadores. A principal etapa de processo é a carbonização da borracha que é feita em um forno rotativo constituído por um tubo de aço inoxidável com as seguintes dimensões sugeridas: diâmetro = 609mm, comprimento = 6.300mm e espessura da chapa de inox de 11,1mm. O tubo apresenta aletas de levantamento e arraste do material e inclinação na faixa de 5 a 10 graus sendo a boca de alimentação mais elevada que a boca de descarga para escoamento do material em processo e para dificultar a entrada de ar dentro do forno. A rotação é lenta da ordem de 3 rpm. O tempo de residência do material processado no forno rotativo é de 7 a 8 minutos resultando em uma produção estimada de 2 a 3 t/h devido à baixa taxa de enchimento dos fornos rotativos. O forno rotativo é envolto por uma caixa isolada termicamente onde são instalados queimadores direcionados para a parte inferior do tubo rotativo. Sensores de temperatura são instalados no corpo do tubo para manter a temperatura nas condições desejadas que são: entrada da borracha: 480ºC a 540ºC, região central: 480ºC e saída de carvão: 425ºC a 440ºC. A fumaça 34 deixa o reator na faixa de temperatura de 160ºC a 190ºC e a torre de condensação opera na faixa de 60ºC a 70ºC. A taxa de aquecimento estimada é de 125 ºC/min caindo na taxa de pirólise rápida inerte. A patente americana 5.095.040 destaca que a utilização de um forno rotativo com parede lisa, ao invés de sistemas de correias ou rosca transportadoras, evita problemas de travamentos devido à característica pegajosa do material processado. A patente americana 5.095.040, portanto, não tem nenhuma característica semelhante com a presente invenção. A presente invenção descreve um equipamento novo com conseqüente processo novo, que não é pirólise, por ser abaixo de 500ºC e em atmosfera inerte (totalmente livre de O_2), resultando daí seu nome conversão de baixa temperatura. No processo utilizado pela presente invenção acontece o craqueamento e síntese simultânea permitidos pelo tempo de residência de 60 a 90 minutos e, de modo, resulta em maximização (aumento da quantidade) e melhoria da qualidade dos óleos. O equipamento principal necessário para desenvolver o processo descrito na

patente americana é um forno rotativo convencional que é uma máquina de características construtivas completamente diferentes do reator tipo trocador de calor com feixes de Tritubos definido na presente invenção. A sistemática operacional do forno rotativo é contínua e do reator da presente invenção é por batelada.

Objetivos da Invenção

É um objetivo da presente invenção proporcionar um aparelho com geometria de trio de tubos múltiplos de paredes finas chamados Tritubos que executam simultaneamente as funções de reator químico e de trocador de calor.

É um objetivo da presente invenção manter a atmosfera na região anular do Tritubo livre de oxigênio para evitar a oxidação das matérias-primas e produtos durante uma reação química.

É um outro objetivo do aparelho da presente invenção possuir paredes externas termicamente isoladas para diminuir o consumo de energia térmica de aquecimento para uma reação química.

É um objetivo da presente invenção realizar o carregamento das matérias-primas e o descarregamento dos produtos sólidos de modo rápido.

É um outro objetivo do aparelho da presente invenção realizar a conversão de matérias-primas contendo lipídios e proteínas (juntas ou separadas) em óleo, carvão e gases não-condensáveis.

É um outro objetivo do aparelho da presente invenção realizar a conversão de matérias-primas lignocelulósicas em óleos (alcatrão), carvão, água e gases não-condensáveis.

É um outro objetivo do aparelho da presente invenção realizar a conversão de pneus e borrachas em geral em óleo (contendo frações de Limoneno e aromáticos), negro-de-fumo recuperado (contendo negro-de-fumo original e as cinzas (compostos de zinco e enxofre, silício, alumínio, ferro, titânio, potássio, etc.) utilizados na fabricação das borrachas) e gases não-condensáveis.

É um outro objetivo do aparelho da presente invenção realizar a conversão de plásticos e polímeros em geral nos seus monômeros (eteno,

propeno, estireno, etc), carvões, cinzas (compostos de zinco e enxofre, silício, alumínio, ferro, titânio, potássio, etc) e gases não-condensáveis através do resfriamento em temperaturas a freon ou criogênicas.

É um outro objetivo do aparelho da presente invenção realizar o tratamento de solos contaminados ou outros materiais com organoclorados e dioxinas e furanos (PCB, HCB, PCDD e PCDF) de modo a obter um material resultante descontaminado.

É um outro objetivo do aparelho da presente invenção obter produtos separados mais puros através da condensação fracionada ou mesmo uma mistura resultante ainda mais pura que o usual de modo a permitir usos dos produtos resultantes diferentes daqueles relacionados ao do campo energético.

Sumário da Invenção

A presente invenção trata de um reator de CBT que permite a realização das funções simultâneas de um vaso e de um trocador de calor e suas reações químicas e trocas térmicas. O reator é constituído de arranjos quadrados (ou de qualquer outra forma geométrica) de três tubos concêntricos nas configurações de um Tritubo até um número de Tritubos que seja técnico e economicamente viável. Ou seja, o que vai definir a quantidade de Tritubos é uma analise técnica e econômica do projeto a ser implementado.

Os trios de tubos da presente invenção, chamados de Tritubos, são dispostos na posição vertical com carregamento da matéria-prima através de moegas, pela parte superior e descarregamento dos produtos sólidos por basculamento do reator. Na configuração Tritubo, o gás quente de aquecimento entra simultaneamente pela parede externa do Tritubo e pela região entre o tubo interno e intermediário do Tritubo e sai pelo tubo interno menor chamado de baioneta. Este arranjo permite que a diferença de temperatura ΔT entre entrada e saída dos gases quentes de aquecimento em regime de processo seja de apenas $\Delta T = 415 - 400 = 15$ ºC conferindo a característica de reator isotérmico. Os tubos são preferencialmente fabricados em Inox 310, podendo ser utilizados outros aços resistentes a temperaturas médias (380°C a 450ºC).

O regime total de fluxo do Reator CBT (incluindo todas as etapas do processamento - do carregamento ao descarregamento) é por batelada com duração aproximada de 6 a 8 horas, dependendo da matéria-prima. As etapas da batelada são: alimentação, aquecimento, processamento com extração e condensação do óleo, esfriamento, basculamento e processamento do carvão. Em cada batelada o reator é mantido hermético, livre de oxigênio, utilizando N_2 ou CO_2 como gás de arraste. A matéria-prima é seca em secador externo em um mínimo aproximado de 95% de matéria seca.

As fases existentes durante o processo são as seguintes: a fase sólida da reação que existe na região anular, entre o tubo externo e o tubo intermediário, possui catalisadores inorgânicos que fazem parte da própria matéria-prima (SiO_2, Al_2O_3, FeO_3, TiO_2, K_2O, Zn, etc.). A fase dos vapores (vapores dos alcatrões, óleo graxo, diesel, aromáticos, limonenos, monômeros de hidrocarbonetos e água) e a fase dos gases não-condensáveis (CO, CO_2, H_2, CH_4, N_2, etc.) que são produzidos durante a conversão. Note-se que catalisadores externos podem ser misturados às matérias-primas durante sua secagem em fornos rotativos, de leito fluidizado ou secadores turbo "turbodryers". As fases existentes, externamente ao tubo externo e internamente ao tubo intermediário e tubo interno, compreendem gases de combustão do gerador de gás quente gerados externamente para aquecimento do Reator CBT.

As condições de movimento dos materiais durante o período de uma reação no interior do reator CBT são: 1ª) Matéria-prima - Carregamento superior através de moegas em 240 segundos; 2ª) Sólidos (matéria-prima em conversão) - Berço fixo durante o período de processamento em batelada de 6 a 8 horas; 3ª) Vapores e Gases Não-condensáveis - Extração pela região anular do Tritubo também durante o período da batelada de 6 a 8 horas; 4ª) Gás de Combustão de Aquecimento e ar de Resfriamento - Fluxo contínuo com período de residência de 8 segundos; 5ª) Carvão - Descarregamento por basculamento em aproximadamente 120 segundos. Os vapores e gases não-condensáveis podem ter o fluxo ascendente ou descendente (extração pela purga do N_2) na região anular sendo que esta última visa à

ampliar o contato dos mesmos com os catalisadores presentes na massa sólida.

O diâmetro da matéria-prima utilizada no reator da presente invenção vai desde partículas submilimétricas (farelos, tortas, borras, lodos, excrementos), centimétricas para granéis (cavacos, plásticos picados) e briquetas (restos de reflorestamento agrícolas, serrarias e capins) e métricas para pneus de carros, caminhões e tratores que são tratados inteiros, sem necessidade de picamentos. Para pneus de caminhões, 4 ou 5 tubos de Ø = 650mm poderiam ser substituídos por um único tubo de aproximadamente Ø = 1.350 mm cuja ampliação de dimensões demanda maior período de processamento. Deve ser verificado que os tamanhos do Tritubo podem variar de acordo com as necessidades envolvidas. A maior demanda é para pneus de carro. Materiais com baixa densidade aparente são previamente briquetados em formas cilíndricas ou torodais com diâmetros similares aos dos pneus de carros.

A taxa de transferência de calor e massa do reator CBT constitui significativa engenhosidade da presente invenção. A maior fração dos produtos envolvidos na reação é o carvão (40 a 60%), um isolante térmico que dificulta a transferência de calor para a conversão. A presente invenção resolve esta questão através dos Tritubos com aquecimento do lado externo e interno da região anular mantendo a espessura de transmissão de calor inferior a aproximadamente 175 mm permitindo reduzir o período de conversão para aproximadamente 3 horas, o que é 4 a 10 vezes inferior aos fornos de carbonização convencionais. Uma boa taxa de processamento de massa é alcançada com os volumes específicos médios aparentes das matérias-primas processadas (Tabela 1). Há uma feliz coincidência entre a espessura anular ótima para transmissão de calor (175 mm) e a espessura dos pneus de veículos de passeio integral, dispensando a necessidade das custosas operações de picamento.

O controle de temperatura é excelente devido ao aquecimento contínuo com gás de combustão do gerador de gás quente e da condutividade metálica do feixe de Tritubo do reator de CBT. O gerador de gás quen-

te pode utilizar qualquer tipo de combustível (biomassa, óleo, gás natural ou GLP). A ciclagem térmica (etapas de aquecimento, conversão e resfriamento), permite a produção de 3 a 4 bateladas por dia.

A presente invenção pode ser considerada como um aparelho para decomposição térmica de qualquer tipo de material orgânico compreendendo uma caixa externa com tampa hermética, uma camada de isolamento térmico disposta em toda superfície interna da caixa externa e tampa, e compreendendo ainda pelo menos uma estrutura com três tubos concêntricos dispostos internamente, posicionados substancialmente na vertical e com a espessura de suas paredes adequada para aquecimento por meio de gases de um lado interno e externo da referida estrutura.

A estrutura com três tubos concêntricos compreende um tubo interno, um tubo intermediário e um tubo externo e é aquecida no lado externo e interno da região anular dos tubos. O espaçamento entre a parede interior do tubo externo e a parede externa do tubo intermediário é de aproximadamente 175 mm. A estrutura com três tubos concêntricos possui paredes substancialmente finas cuja espessura varia entre 2 a 5 mm, preferencialmente, 3 mm e um comprimento substancialmente igual ao do aparelho.

O fluxo de calor para aquecimento transferido por condução aos três tubos concêntricos ocorre simultaneamente pelo lado interno do tubo intermediário para o centro da região anular dos três tubos concêntricos e pelo lado externo do tubo externo para o centro da região anular dos três tubos concêntricos, os gases utilizados para aquecimento não possuem contato físico com o material a ser decomposto. O aquecimento feito pelos gases quentes em regime de processo permite que a diferença de temperatura entre a entrada e a saída dos gases seja de aproximadamente 15°C.

Note-se que o referido aparelho é um reator de operação por batelada.

O material utilizado na caixa externa é, preferencialmente, aço carbono. O material utilizado nos tubos concêntricos é, preferencialmente, Inox 310, podendo ser utilizados outros materiais resistentes às temperaturas médias entre 380°C e 420°C. Já o material utilizado no interior da caixa

externa e tampa é, preferencialmente, uma manta refratária para isolamento térmico da estrutura externa e vedações de Viton ou silicone no fechamento da tampa do aparelho.

O aparelho da presente invenção compreende dispositivos de compressão de ar e sopradores para suprimento de N2 ou CO2 para purgar vapores e gases não-condensáveis, bem como um conjunto de alimentação e saída de gás de aquecimento O conjunto de alimentação e saída de gás de aquecimento compreende um acoplamento de entrada de gás quente, um plenum de entrada de gás quente, um espelho inferior para homogenização do fluxo de gás quente, um espelho intermediário, um duto de captação de gás de aquecimento, um plenum de saída de gás de aquecimento e um acoplamento de saída de gás de aquecimento.

O aparelho da presente invenção compreende ainda, preferencialmente, dois circuitos de resfriamento. O primeiro circuito de resfriamento compreende as mesmas tubulações de aquecimento e é implementado através de insuflação por um ventilador e pela saída do gás quente na chaminé. Em um segundo circuito de resfriamento o resfriamento interno se dá pela circulação de gás inerte (N_2 ou CO_2) diretamente sobre o carvão na parte anular dos tubos. O segundo circuito de resfriamento compreende uma canalização de purga, uma saída de vapores e gases não-condensáveis e a recirculação de gases neutros em um trocador de calor através de Blower Roots .

A presente invenção ainda compreende um processo para decomposição térmica de qualquer tipo de material orgânico utilizando o aparelho como previamente descrito e compreende as etapas de alimentação de material orgânico no interior do aparelho; aquecimento com gases no lado interior e exterior de uma região anular localizada nos tubos concêntricos internos ao aparelho; processamento com extração e condensação de óleo; esfriamento com gases; e basculamento do aparelho.

O processo ainda compreende a etapa de conversão que mantém uma diferença de temperatura entre a entrada e saída dos gases quentes de aquecimento em regime de processo de aproximadamente 15°C. O

aquecimento para conversão do material de reação sendo realizado por aproximadamente 3 horas, preferivelmente, 165 minutos. O aquecimento é realizado externamente ao tubo externo e internamente ao tubo intermediário e tubo interno. O resfriamento para descarregamento do material da reação é realizado por aproximadamente 2 horas.

No referido processo N_2 é inserido no interior do aparelho para expulsão de oxigênio. O aquecimento da reação é realizado por meio da alimentação de gás quente simultaneamente a todos os tubos.

O Processo ainda compreende as etapas de extração e condensação dos vapores e gases não-condensáveis gerados na conversão.

O reator CBT utiliza geralmente quatro materiais principais na sua fabricação: a)Aço Carbono na estrutura externa do reator operando a temperatura ambiente, b) Inox 310 ou outro aço refratário similar indicado para a temperatura de trabalho de 380ºC a 420ºC, c). Manta refratária, isolando termicamente a estrutura externa do reator trocador de calor propriamente dito da temperatura interna e, d) vedações de Viton ou silicone no fechamento da tampa do reator. As resistências mecânicas dos materiais existentes no mercado (mancais, etc.) permite a fabricação de reator CBT com até 64 Tritubos (tabela 2).

As principais operações externas do processo do reator são: a) secagem das matérias-primas em secadores rotativos, leito fluidos ou turbo-dryers; b) alimentação; c) geração de gás quente em fornalhas utilizando qualquer tipo de combustível; d) extração e condensação fracionada ou não dos vapores e gases não-condensáveis gerados na conversão; e) troca térmica realizada por meio da torre e bomba de água de resfriamento, dos trocadores de calor de condensação dos vapores e da água do lavador de gases; f) suprimento de N_2 ou CO_2 g) descarregamento e processamento dos carvões.

Para a condensação de monômeros gerados na conversão de polímeros (eteno, propeno, etc.) as torres de resfriamento de água são substituídas por refrigeração a freon ou criogênica.

As moegas de alimentação são caixas quadradas ou circulares

dotadas de válvulas borboletas bipartidas para cada Tritubo. Após os carregamentos, as moegas são içadas pela ponte rolante, posicionadas no topo do reator e descarregadas. Para os reatores maiores as moegas são divididas ao meio ou em quatro quartos de modo a respeitar as dimensões rodoviárias e possibilitar o carregamento das matérias-primas também em seus pontos de geração.

O processamento dos carvões pode ser simplificado ou completo. O processamento é simplificado quando é destinado a combustíveis a granel. É completo no caso do negro-de-fumo recuperado (NFR) obtido a partir da conversão de pneus que possuem primeiramente uma etapa de separação da malha de aço e em seguida moagem e classificação em partículas inferiores a 20 μm, 7 μm ou 1 μm.

Embora o CBT seja destruidor de organoclorados e dioxinas através da hermeticidade do processo e ruptura das ligações heterogêneas (C-O, C-H, C-Cl, C-N, Cl-O etc.), o aparelho da presente invenção permite destruição total das dioxinas através da instalação de berço de sal fundido (850ºC) na saída dos gases não-condensáveis para os casos em que a matéria-prima contenha estes poluentes.

Na utilização de uma modalidade do reator da presente invenção as seguintes etapas básicas acontecem: secagem da matéria-prima externa; alimentação simultânea de todos os Tritubos através de moegas dotadas de válvulas borboletas bipartidas para cada Tritubo; aquecimento do reator através de gerador de gás quente utilizando qualquer tipo de combustível; resfriamento do reator utilizando o mesmo sistema de sucção do ar de aquecimento (estando a fornalha desligada) para admissão de ar frio; extração e condensação fracionada ou não dos vapores e gases não-condensáveis gerados na conversão; resfriamento do trocador de calor utilizado na condensação de vapores e do trocador de calor do lavador de gases através de torre de refrigeração a freon ou criogênica para monômeros gerados pelos polímeros.

A presente invenção utiliza compressores de ar comprimido nos seus instrumentos e sopradores para o suprimento de N_2 ou CO_2 de modo a

poder purgar os vapores e gases não-condensáveis. O processamento pode ser simplificado (despacho ou embalagem) ou completo (moagem e classificação dos carvões). Note-se que a partir do processamento de pneus usados é produzido o negro-de-fumo recuperado (NFR). A selagem pode ser feita total na tampa do reator ou individual em cada Tritubo. O descarregamento é realizado por basculamento. Há uma baixa geração de gases não-condensáveis no processamento do reator da presente invenção. A recuperação do calor dos gases não-condensáveis como combustível da fornalha acontece quando os mesmos não contêm compostos potencialmente tóxicos. A eliminação total de dioxinas e organoclorados é feita através da passagem dos gases não-condensáveis em berço de sal fundido;

Com o intuito de melhor entender o tipo de material a ser convertido no aparelho da presente invenção, faz-se aqui as seguintes classificação de Matérias-Primas:

I a: Biomassa Limpa: Madeira, Resíduos de Reflorestamento e Arbustos (carvão tipo vegetal e Alcatrão); I b: Biomassa Limpa com contaminação de Potássio: Resíduos Agrícolas, Capins, Bagaço e Palha da Cana (Carvão Vegetal e Alcatrão); II: Tortas, Farelos, Resíduos de Grãos, Graxaria Seca, Farinha de Carne, Farinha de Osso, Farinha de Sangue, etc. (Óleos Graxos e Carvão); III: Excrementos (cama de frango, esterco de porco e gado), dependendo do teor de terra, esta classe passa a ser Classe II ou Classe IV (Óleos Graxos e Carvões); IV: Lodos de Estação de Tratamento de Esgoto Doméstico e Industriais (Óleos Graxos e Carvões); V: Pneus, Borrachas (Óleo Limoneno/ Aromático e Negro-de-fumo Recuperado - NFR); VI: Plásticos e Polímeros (Monômeros e Carvões); Especial: Destruição de organoclorados e dioxinas (PCB, HCB, PCDD e PCDF) contidos em resíduos e solos contaminados (Monômeros, Cinzas e Carvões)

Tabela 1 - Massas Específicas Médias Aparentes das Várias Matérias-Primas

Classe	Matéria-prima	Kg/m^3
Ia	Biomassa Limpa: Madeira, Resíduos de Reflorestamento e Arbustos	150

Ib	Biomassa Limpa com contaminação de Potássio: Resíduos Agrícolas, Capins, Bagaço e Palha da Cana	150
II	Tortas, Farelos, Resíduos de Grãos, Graxaria Seca, Farinha de Carne, Farinha de Osso, Farinha de Sangue, etc.	580
III	Excrementos (cama de frango, esterco de porco e gado), dependendo do teor de terra, esta classe passa a ser Classe II ou Classe IV	560
IV	Lodos de Estação de Tratamento de Esgoto Doméstico e Industriais	550
V	Pneus, Borrachas	560
VI	Plásticos e Polímeros	330
Especial	Solos contaminados	1.600

Tabela 2 - Pesos das Várias Configurações dos Reatores

Tipo de Reator	Massas dos reatores - t		
	Descarregado	Carregado com matéria-prima classe IV	Carregado com matéria-prima classe Especial
CBT - 36 ou 33 Tubos	45	87	167
CBT - 49 ou 45 Tubos	60	117	226
CBT - 64 ou 61 Tubos	80	154	297

Breve descrição das figuras

A figura 1.1 ilustra uma vista frontal do reator de CBT com um Tritubo que é objeto da presente invenção.

A figura 1.2 ilustra o reator de CBT com um Tritubo que é objeto da presente invenção em corte horizontal A-A.

A figura 1.3 ilustra o reator de CBT com um Tritubo que é objeto da presente invenção em corte vertical B-B.

A figura 1.4 ilustram o reator de CBT com um Tritubo que é objeto da presente invenção em uma vista em perspectiva.

A figura 2.1 ilustra uma vista frontal do reator de CBT com 32 Tritubos que é objeto da presente invenção.

A figura 2.2 ilustra o reator de CBT com 32 Tritubos que é objeto da presente invenção em corte horizontal A-A.

A figura 2.3 ilustra o reator de CBT com 32 Tritubos que é objeto da presente invenção em corte vertical B-B.

A figura 3 ilustra um exemplo de um layout típico das Instalações de um reator de CBT que é objeto da presente invenção.

A figura 4 ilustra uma curva de aquecimento e resfriamento do Reator CBT e a taxa acumulada de reação da matéria contida no reator da presente invenção.

A figura 5 ilustra os fluxos de calor por unidade de comprimento transferidos por condução ao Tritubo e suas respectivas equações.

A figura 6 ilustra a variação do fluxo de calor transferido por condução pelo carvão formado e da taxa de aquecimento em relação a espessura anular do Tritubo.

Descrição detalhada das Figuras

As Figuras 1.1 a 1.4 a 2.1 a 2.3 ilustram os reatores CBT da presente invenção com 1 Tritubo e 32 Tritubos, respectivamente, os quais utilizam o mesmo conceito diferindo entre eles somente no tamanho. As peças 1 a 5 compreendem a estrutura suporte 1, a caixa externa 2, o eixo de basculamento 3, o motorredutor 4 e isolamento térmico do reator 5. As peças 7 a 10 formam o conjunto Tritubo que compreende um tubo interrno 7, o tubo intermediário 8, o tubo externo 9 e o tubo de purga 10. O Tritubo constitui o item principal da presente invenção e integra 8 conceitos a saber: reator de berço fixo, trocador de calor, berço de arraste de gás inerte, tamanho de viabilização em função da baixa condução térmica causada pelo carvão formado durante o processo (isolante térmico), resfriamento com gás neutro (N_2 ou CO_2) direto para vencer o isolamento térmico do carvão formado, coincidência do tamanho do item anterior com o tamanho dos pneus de carros de passageiros, ocupação útil de aproximadamente 1/3 do volume total do reator e baixa impedância na fluidodinâmica do gás de aquecimento e de resfriamento externo ao Tritubo.

As peças 11 a 17,compreendem o acoplamento de entrada de

gás quente 11, plenum de entrada de gás quente 12, espelho inferior 13 (homogenizador do fluxo de gás quente), espelho intermediário 14, duto de captação de gás de aquecimento 15, plenum de saída de gás de aquecimento 16 e acoplamento de saída de gás de aquecimento 17. Tais peças mostram o conjunto de alimentação e saída do gás quente gerado pela fornalha. A peça 18 mostra o espelho superior que suporta a carga dos Tritubos em operação (posição vertical) e durante o basculamento auxiliado pelas peças 13 (espelho inferior) 14 (espelho intermediário), 16 (plenum de entrada e saída de gás quente) com reduzida perda térmica para a estrutura externa devido ao uso de aços inoxidáveis e isolamento térmico. A peça 19 (figura 1 e 2) mostra a tampa do reator, a qual é fechada por meio de cilindro hidráulico. A referida tampa 19 é vedada por meio de borrachas macias e duras ao seu redor. A peça 25 mostra a saída de vapores e gases instalada na tampa 19, a qual é conectada ao venturi 55 (figura 3) através de acoplamento 27 acionado por cilindro hidráulicos 28. A peça 29 mostra o carrinho de movimentação da tampa com sistema de levantamento e rodízios de movimentação sobre trilhos. A peça 37 é uma possível substituição de 4 a 5 Tritubos que podem receber pneus de carros de passeio por um Tritubo que pode receber pneus de caminhões (figura 2.2). A proporção pneus de carros de passeio / pneus de caminhão é de 20/1 bastando a instalação de um único Tritubo em cada reator para processar os pneus de caminhão. A distância entre o tubo externo 9 e o tubo intermediário 8 do Tritubo para pneus de caminhão foge da distância eficiente de transferência de calor, deficiência essa compensada pelo aumento do tempo reacional (duas bateladas seguidas) através do bloqueio do seu descarregamento após a primeira reação. O bloqueio é realizado por um dispositivo de travamento que pode ser ou não-montado no próprio aparelho.

Na figura 2.1 pode ser visualizado um reator CBT com 32 Tritubos, o qual possui secção circular podendo ser constituído também com secção quadrada. Nesse caso o reator terá 4 Tritubos a mais que a versão anterior. Note-se que o Tritubo da presente invenção pode possuir qualquer formato em sua seção, desde que seja mantida a distância efetiva para a

transferência de calor. Esta configuração tem um custo de investimento maior, porém menor custo operacional devido a maior produção por batelada. A prática industrial mostrará qual das duas configurações será economicamente mais vantajosa.

O reator CBT com 1 Tritubo e o reator CBT com 32 Tritubos compreendem ainda uma tampa global 19 para os Tritubos com anéis de vedação hermética de borracha refigerados 23, cilindro hidráulico 24 com engate rotativo para pressionar a tampa contra os anéis apoiados no corpo do reator, isolamento térmico 5 (por exemplo de fibra cerâmica) espelho superior 18 e estrutura suporte 1. Esta mesma tampa global é aplicada para o reator de secção quadrada. A diferença principal é que a estrutura é um perfil I no reator de secção quadrada e em perfil U no reator de secção circular. O reator CBT pode operar também com a opção de tampa individual para cada Tritubo.

As peças são as mesmas das opções anteriores variando apenas seu posicionamento no reator. O acoplamento de saída dos vapores e gases não-condensáveis da opção tampa global é constituído das seguintes peças: saída de vapores e gases não-condensáveis 25, flange 26, junta de expansão 27 e cilindro hidráulico 28. O desengate das peças 25 a 28 permite o movimento da tampa sobre o carrinho afim de liberar o basculamento do reator; a peça 27 é a junta de expansão e a peça 28 é um cilindro hidráulico que recua o engate; o conjunto de acoplamento é fixo na tubulação do Venturi 55 (figura 3) de condensação dos vapores e esfriamento dos gases não-condensáveis.

Um layout típico da Instalação do Reator CBT é ilustrado na figura 3 em que acontece a alimentação e o descarregamento do carvão. Uma moega de alimentação 40 de pneus é dotada das válvulas borboletas bipartidas para cada Tritubo; a moega está colocada na posição de espera. A moega 41 de alimentação de lodos contaminados, etc., está na posição de espera. Uma ponte rolante 42 pega as moegas das carretas e levanta para a posição de espera e posteriormente para cima do reator para a operação de alimentação; a ponte rolante é utilizada também para montagem e manuten-

ção dos equipamentos. A moega de descarga 43 recebe o carvão do basculamento do reator, de modo que eles seguem para a esteira 44 e para o rolo desaglomerador 45, caindo na esteira 46. O aço no caso dos pneus é separado por um eletroímã 47, e segue para a esteira 48 e para a prensa enfardadeira 49. Após a esteira 46 o carvão segue pelo caracol 50 que transfere para o elevador de caçamba 51 que descarrega o carvão no container 52 quando este for utilizado para fins energéticos (combustível). No caso do processamento de pneus onde se obtém o negro-de-fumo recuperado (NFR) o elevador de caçamba 51 descarrega o carvão (NFR) no moinho de martelo 53 e daí para o classificador 54, dotado de filtro manga que libera o produto final classificado para o ensacador de Big-Bag ou sacos de papel.

Já a partir da saída de vapores e gases não-condensáveis 25, os mesmos seguem para o venturi 55 condensando no tanque 56 de onde são bombeados pela bomba 57 para a torre de condensação 58 através do trocador de calor 59. Após condensação o óleo passa pela centrífuga água/óleo 60 indo para o tanque 61 dotado de bomba de estocagem 62. Os gases não-condensáveis são succionados pelo ventilador 63 que transfere os mesmos para o demister 64 (separador de condensados) e são encaminhados para a fornalha 66. No processamento de polímeros os gases não-condensáveis (monômeros) são condensados por refrigeração ou criogênia. Para os reatores CBT´s dedicados ao processamento de matérias-primas contendo organoclorados e dioxinas os gases não-condensáveis passam por queimador de alta temperatura e berço de sal fundido. Os gases não-condensáveis após passagem pelo selo hidráulico 65 e são queimados na fornalha de alta temperatura 66 com chama de combustível auxiliar (GLP, GN, Acetileno, etc.) de modo que estes gases de combustão passem pelo berço de sal fundido 68 onde ocorre a destruição final dos organoclorados e dioxinas. Quando o teor de cloro nas matérias-primas for baixo, os gases não-condensáveis são queimados diretamente na fornalha de biomassa 67. Os gases de combustão de ambas as fornalhas 66, 67 se juntam na tubulação de gás quente do reator succionados pelo ventilador de gás quente 69. O controle de temperatura é feito através de damper (válvula) de ar frio na

tubulação de ar quente.

Existem dois circuitos de resfriamento. O circuito externo compreende as mesmas tubulações de aquecimento, o qual é realizado através de insuflação pelo ventilador 70 e pela saída do gás quente na chaminé 71. Em razão da baixa condutividade térmica do carvão, é necessário resfriamento interno pela circulação de gás inerte (N_2 ou CO_2) diretamente sobre o carvão na parte anular dos Tritubos, visando assim diminuir o período de resfriamento. Para tanto, utiliza-se a canalização de purga 10 e a saída de vapores e gases não-condensáveis 25, porém recircula-se os gases neutros no trocador de calor 72 através do Blower Roots 73.

Os lodos, tortas, excrementos, etc. necessitam serem secados com um máximo de 5% de umidade para evitar oxidação dos óleos. Esta secagem é realizada no conjunto secador utilizando-se qualquer tipo de secadores (tambor rotativo, leito fluidizado ou secador turbo "turbodryer"). Utilizando - se a exaustão dos gases quentes do aquecimento do reator.

Na presente invenção ainda atuam outros equipamentos periféricos não-ilustrados, os quais são constituídos das seguintes unidades: torre de resfriamento de água, ou resfriador a freon ou criogênico, bombas de água, compressor, tanque de ar comprimido, tanque e soprador de nitrogênio ou CO_2.

A figura 4 ilustra uma curva de aquecimento e resfriamento do Reator de CBT e a taxa acumulada de conversão (fração da matéria-prima que se transforma em carvão, óleo e gases não-condensáveis) da matéria contida no reator. Adicionando o período de carga e descarga, o tempo total de processamento é de aproximadamente 6 a 8 horas permitindo 4 a 3 bateladas por dia.

O aparelho da presente invenção realiza a conversão termoquímica quase isotérmica de qualquer tipo de material orgânico em vários tipos de óleos, carvões e gases não-condensáveis de acordo com o tipo de matéria-prima utilizada. Os reatores quase isotérmicos situam-se em estreita faixa de viabilidade ditada pela diferença de temperatura ΔT entre a temperatura de entrada e saída do meio de aquecimento. Quando ΔT diminui (tendendo a

zero) anula-se a capacidade de transferência de calor do meio de aquecimento para a matéria-prima que está sendo processada. O aumento da capacidade de transferência de calor com o objetivo de ampliar a capacidade de processamento e com isso alcançar viabilidade econômica, exige o aumento de ΔT, isto é, aumento da temperatura de entrada e/ou diminuição da temperatura de saída do meio de aquecimento. A primeira (aumento da temperatura de entrada) é limitada pela temperatura máxima de decomposição dos óleos (450ºC) e a segunda (diminuição da temperatura de saída) é limitada pela temperatura mínima de conversão termoquímica dos materiais orgânicos (380ºC). A otimização dos processos tais como boa capacidade de processamento simultaneamente com boa qualidade dos produtos (óleos e carvões) depende de se diminuir o intervalo de temperatura de $\Delta T = 70ºC$ (máx) até $\Delta T < 15$ ºC.

A invenção alcançou período satisfatório de conversão de 3,0 h ditado pelo fato dos carvões formados durante o processo serem materiais isolantes, dificultando a transferência de calor com o tempo de processamento. A invenção resolve esta questão limitando a distância de transferência de calor a aproximadamente 175mm entre o diâmetro externo máximo de Ø = 650mm e o diâmetro interno mínimo de Ø = 300mm, ambos recebendo calor do meio de aquecimento. O espaço anular entre os diâmetros acima é o espaço útil de carregamento do reator com matéria-prima a ser processada resultando em uma taxa de secção útil de aproximadamente 33% dado pelos seguintes exemplos típicos não limitativos: secção do reator típico = 5,3 x 5,3 m; nº de Tritubos = 36; secção útil de carregamento $\pi/4$ (Ø ext^2 - Ø int^2) = $\pi/4$ ($0,65^2 - 0,3^2$) = 0,261 m^2; taxa de secção útil = 36 x 0,261/5,3 x 5,3 = 0,33 = 33%. O mesmo período para o aquecimento do reator carregado é também utilizado para o resfriamento da carga abaixo de 100 ºC antes da abertura do mesmo a fim de evitar a combustão espontânea dos carvões.

A transferência de calor no Tritubo

Verifica-se que o fluxo de calor transferido por condução ao Tritubo ocorre simultaneamente por duas vias, a saber: a) pelo lado interno do tubo intermediário para o centro da região anular do Tritubo b) pelo lado ex-

terno do tubo externo para o centro da região anular do Tritubo. A figura 5 apresenta os dois fluxos de calor transferidos por condução ao Tritubo e suas respectivas equações, sendo que: $T_1 = T_5$ e T_3 são as temperaturas nas regiões quente e fria respectivamente; R_1, R_2, R_3, R_4 e R_5 os raios da secção reta do Tritubo; e a espessura da região anular do Tritubo; S a área anular do Tritubo; k_{Al} e k_C as conductividades térmicas do aço inox 310S e do carvão formado durante a conversão em baixa temperatura.

O fluxo de calor por condução é absorvido pela taxa de calor de aquecimento do Tritubo com a matéria-prima cujas equações seguem abaixo:

$$Q = [(m_{Al}Cp_{Al}) + (m_C Cp_C)](T_1 - T_3)$$

$$Q = [(\rho_{Al}S_{TT}LCp_{Al}) + (\rho_C SCpL)](T_1 - T_3)$$

$$\frac{Q}{L} = \rho_{Al}Cp_{Al}(T_1 - T_3)[\pi(R_2^2 - R_1^2) + \pi(R_5^2 - R_4^2)] + \rho Cp(T_1 - T_3)2\pi eR_3$$

Dividindo-se pelo tempo t de aquecimento da matéria-prima em óleo e carvão tem-se:

$$\frac{Q}{L \times t} = \left(\frac{\rho_{Al}Cp_{Al}(T_1 - T_3)}{t}\right)\left(\pi(R_2^2 - R_1^2) + \pi(R_5^2 - R_4^2)\right) + \left(\frac{\rho Cp(T_1 - T_3)}{t}\right)2\pi eR_3$$

onde Q é o calor necessário para a conversão da matéria-prima, L o comprimento do Tritubo, t o tempo de aquecimento, ρ_{Al} a densidade do aço inox 310S, Cp_{Al} o calor específico do aço inox, ρ a densidade e Cp o calor específico, onde os dois últimos são valores médios, mais próximos do carvão formado do que da matéria-prima inicial.

Verificou-se que tanto o fluxo de calor por condução como a taxa de calor de aquecimento variam em relação a espessura anular do Tritubo. Neste estudo foi analisado o comportamento de ambos os casos em função da espessura anular.

Ajuste das equações de transferência de calor aos dados experimentais

Calor transferido por condução ao Tritubo

- Temperatura no interior do tubo intermediário do Tritubo: T_1: 420 ºC
- Temperatura no diâmetro médio do Tritubo: T_3: 25 ºC
- Temperatura no lado externo do tubo externo do Tritubo: T_5: 420 ºC

- Temperatura média do Tritubo: T_m = (420+25)/2 = 222,5 ºC

- Conductividade térmica do aço inox 310S na temperatura T_m: k_{Al} = 18,69 W/mºC

. Conductividade térmica média, mais próxima do carvão formado na temperatura T_m: k_c = 0,9868 W/mºC (este valor está da mesma ordem que a condutividade do coque de 0,9519 W/mºC)

- Espessura anular do Tritubo: e = 175 mm

- Espessura da chapa de aço inox 310S: e_{Al}: 3 mm

- Raio médio do Tritubo: R_3 = 230 mm

- Raio externo do tubo intermediário do Tritubo: $R_2 = R_3 - e/2 = 230 - 87,5 = 142,5\,mm$

- Raio interno do tubo intermediário do Tritubo: $R_1 = R_2 - e_{Al} = 142,5 - 3 = 139,5\,mm$

- Raio interno do tubo externo do Tritubo: $R_4 = R_3 + e/2 = 230 + 87,5 = 317,5\,mm$

- Raio externo do tubo externo do Tritubo: $R_5 = R_4 + e_{Al} = 317,5 + 3 = 320,5\,mm$

- Fluxo de calor transferido pelo lado do tubo intermediário do Tritubo: q_1/L

- Fluxo de calor transferido pelo lado do tubo externo do Tritubo: q_2/L

- Fluxo de calor total transferida para o Tritubo: $\frac{q}{L} = \frac{q_1}{L} + \frac{q_2}{L}$

$$\frac{q}{L} = \frac{2\pi(T_1 - T_3)}{\frac{\ln(R_2/R_1)}{k_{Al}} + \frac{\ln(R_3/R_2)}{k_C}} + \frac{2\pi(T_5 - T_3)}{\frac{\ln(R_5/R_4)}{k_{Al}} + \frac{\ln(R_4/R_3)}{k_C}} \ldots\ldots [kW/m]$$

$$\frac{q}{L} = \frac{2\pi(420-25)}{\frac{\ln(0,1425/0,1395)}{18,69} + \frac{\ln(0,230/0,1425)}{0,9868}} + \frac{2\pi(420-25)}{\frac{\ln(0,3205/0,3175)}{18,69} + \frac{\ln(0,3175/0,230)}{0,9868}}$$

$$\frac{q}{L} = \frac{2481,86}{1,138 \times 10^{-3} + 0,4851} + \frac{2481,86}{5,032 \times 10^{-4} + 0,3267}$$

$$\frac{q}{L} = 5.104,21 + 7.584,82 = 12.689,03\ W/m = 12,6890\ kW/m$$

<u>Taxa de calor de aquecimento da matéria-prima</u>

- Calor específico médio, mais próximo do carvão formado na temperatura T_m: C_P: 1,0200 kJ/kgºC (este valor está da mesma ordem que o

calor específico do coque de 1,0366 kJ/kgºC)

- Calor específico do aço inox 310S na temperatura T_m: Cp_{Al}: 0,46 kJ/kgºC

- Densidade média: $\rho = 550$ kg/m^3

- Densidade do aço inox 310S: $\rho_{Al} = 7.900$ kg/m^3

- Tempo de aquecimento do Tritubo de 25ºC a 420ºC: t = t: 5.400 s

- Taxa de calor necessária para aquecer a massa de matéria-prima

$$\frac{Q}{L \times t} = \left(\frac{\rho_{Al} Cp_{Al}(T_1 - T_3)}{t}\right)\left[\pi(R_2^2 - R_1^2) + \pi(R_5^2 - R_4^2)\right] + \left(\frac{\rho Cp(T_1 - T_3)}{t}\right)(2\pi e R_3)$$

$$\frac{Q}{L \times t} = \left(\frac{(7.900)(0,46)(420-25)}{5.400}\right)(0,008671) + \left(\frac{(550)(1,0200)(420-25)}{5.400}\right)(2\pi)(0,175)(0,230)$$

$$\frac{Q}{L \times t} = 2,3049 + 10,3780 = 12,6828 \text{ kW/m}$$

Análise das curvas de transferência de calor

A figura 6 apresenta a variação do fluxo de calor transferido por condução e da taxa de aquecimento em relação à espessura anular do Tritubo mantendo-se os demais parâmetros constantes. Ressaltam-se os seguintes pontos:

O conjunto de dados experimentais, constantes dos materiais e os valores de condutividade térmica e calor específico próximos do carvão coque, resulta na espessura anular de 175 mm. Esta espessura, além de permitir o tratamento de pneus inservíveis de carros de passageiros inteiros, viabiliza uma produtividade econômica para o tratamento de vários materiais (lodos, dejetos, tortas, farelos, madeira, etc.).

A condutividade térmica do inox não é determinante e a condutividade do carvão determina a condução de calor e conseqüentemente todas as dimensões do Tritubo e do processo de conversão da presente invenção.

Note-se que a taxa de aquecimento do inox representa apenas 18,3% da taxa de aquecimento total, isto é, a matéria-prima e produtos (carvão) são os determinantes da mesma.

O motivo pelo qual o desempenho do Tritubo é idêntico para todas as matérias-primas é que o comportamento térmico é determinado pelas propriedades do carvão e todas as matérias-primas são convertidas no final

a um carvão com propriedades próximas ao do coque.

O fluxo de calor do tubo interno representa 40% do fluxo total e do tubo externo 60%. Uma distribuição meio a meio é impossível porque resultaria em $R_3/R_2 = R_4/R_3 \therefore R_3^2 = R_2R_4 \therefore R_3^2 = (R_3 - e/_L)(R_3 + e/L) = R_3^2 - (e/L)^2 \therefore e/L = 0$.

Se levássemos em conta o aumento do tempo de conversão com a espessura anular, resultaria em valores menores para a taxa de calor de aquecimento para os valores maiores da espessura anular e conseqüentemente cruzamento das duas famílias de curvas em e > 175mm. O grande aumento do tempo de aquecimento, devido ao comportamento assintótico da curva de fluxo de calor, resulta em menor produção diária e inviabilização econômica da tecnologia. A análise acima mostra que a espessura anular do Tritubo de 175 mm está em torno do valor ótimo, e é determinada pela condutividade térmica e calor específico do carvão formado, que estão próximos dos valores do coque qualquer que seja a matéria-prima inicial.

Outro detalhe da invenção é a operação por batelada com carregamento pela tampa superior e descarregamento por basculamento através de rotação em torno de eixo que passa pelo centro de gravidade. A tampa é vedada por anéis em O deslizantes (viton ou silicones) resfriados dando ao reator característica hermética (livre de oxigênio) para impedir a oxidação do óleo e carvão formados. Desta forma a invenção maximiza o rendimento dos produtos representados por cerca de 40% a 60% de carvão, 10% a 30% de óleo, 10% a 15% de água e 10% a 20% de gases não-condensáveis em relação à matéria-prima inicial. A abertura da tampa se dá por pequeno levantamento pneumático e deslizamento lateral por um carrinho motorizado

Outro detalhe da invenção é sua capacidade de processamento de vários tipos de matérias-primas gerando diferentes produtos, agrupadas nas seguintes classes: I a: Biomassa Limpa: Madeira, Resíduos de Reflorestamento e Arbustos gerando carvão tipo vegetal e alcatrão; I b: Biomassa Limpa com contaminação de Potássio: Resíduos Agrícolas, Capins, Bagaço e Palha da Cana, gerando também carvão tipo vegetal e alcatrão; II: Tortas, Farelos, Resíduos de Grãos; Graxaria Seca, Farinha de Carne, Farinha de Osso, Farinha de Sangue, etc. gerando óleos graxos e carvão; III: Excre-

mentos (cama de frango, esterco de porco, gado e outros animais), gerando óleos graxos e carvão; dependendo do teor de terra esta classe passa a ser Classe II ou Classe IV; IV: Lodos de Estação de Tratamento de Esgoto Doméstico e Industriais, gerando óleos graxos ou carvão; V: Pneus, Borrachas gerando óleos limonenos/aromáticos, monômeros e negro-de-fumo recuperado - NFR, VI: Plásticos e polímeros em geral gerando os monômeros originais, carvões com cinza e gases não-condensáveis em temperatura a freon ou criogênicas e, Classe Especial: Destruição de organoclorados e dioxinas (PCB, HCB, PCDD e PCDF) contidos em resíduos e solos contaminados.

A capacidade de utilização de várias classes de matérias-primas e a obtenção de vários tipos de óleo e de carvões, associado às características de temperatura, tempo e hermeticidade anteriormente descrita, assegura várias alternativas econômicas jamais alcançadas por dispositivos similares. Note-se que o nitrogênio ou CO_2 é utilizado como gás de arraste para diminuir o tempo de permanência dos vapores de óleo no reator para evitar sua decomposição.

Há uma ampla faixa de capacidade de processamento com modelos, a qual se inicia com um 1 Tritubo. Por exemplo, pode-se ter modelos de 9 Tritubos (média de 31 t/dia) 64 tubos (média de 220 t/dia) ou até mais. Os tamanhos menores são limitados pelos resultados econômicos e os tamanhos maiores pela resistência mecânica dos materiais no suporte das cargas totais do aparelho (peso próprio + matéria-prima) que podem alcançar no total inúmeras toneladas. A utilização de aços especiais de alta resistência na estrutura do aparelho e superligas na tubulação permitirá a fabricação de reatores com grande capacidade e com possibilidade de ativação com vapor até 850ºC. O comprimento útil do dispositivo do Tritubo é variável, podendo ser aumentado em função do uso dos materiais avançados acima mencionados.

O carregamento do aparelho é feito através de moegas dotadas de válvulas borboletas bipartidas posicionadas acima de cada Tritubo. As moegas são previamente carregadas próximas ao CBT ou na origem de geração das matérias-primas e transportadas até ao CBT em caminhões e iça-

das por pontes rolantes até ao piso no nível de alimentação do reator. As moegas ficam em posição de espera ("standy by") e após o reator ter descarregado a reação anterior, ela retorna para a posição de carregamento. Depois disso, as moegas são posicionadas sobre o aparelho, e a as válvulas borboletas bipartidas são abertas completando o carregamento de modo rápido (aproximadamente 4 minutos). Por exemplo, as moegas podem ser únicas no caso dos aparelhos pequenos (1 e 16 tubos), duplas no caso dos aparelhos médios (25, 36 e 49 tubos) e quádruplas no caso dos aparelhos gigantes (64 tubos ou mais). A divisão das moegas permite que as mesmas tenham larguras dentro dos padrões rodoviários (máx. 3,20m) permitindo operação "just in time" entre suprimento e processamento de biomassa eliminando-se a necessidade de grandes depósitos de biomassa e resíduos. As modulações dos reatores, subdivisão das moegas com larguras dentro dos padrões rodoviários, capacidade de carga suportada pelos materiais estruturais determinam o tamanho dos aparelhos da presente invenção.

O reator da presente invenção ainda possibilita um descarregamento rápido (aproximadamente 2 minutos) dos produtos sólidos através do basculamento em torno de eixo passando pelo centro de gravidade do aparelho. O descarregamento é feito sobre moega vibratória que transporta os produtos sólidos para as etapas de acabamento de acordo com as exigências de mercado (rolos ou moinhos desintegradores, peneiras, separadores magnéticos, moinhos de martelo ou de disco dotados de classificadores e embalagem).

Legenda da Patente: Um Aparelho para Conversão de Baixa Temperatura

Item	Descrição
01	Estrutura suporte do reator
02	Caixa estrutural externa
03	Eixo de basculamento
04	Motorredutor do reator
05	Isolação térmica
06	Conjunto Tritubo
07	Tubo interno menor do Tritubo

Item	Descrição
08	Tubo intermediário do Tritubo
09	Tubo externo do Tritubo
10	Tubo de entrada de gás inerte / purga de óleo pesado do Tritubo
11	Acoplamento de entrada de gás quente
12	Plenum de entrada de gás quente
13	Espelho inferior
14	Espelho intermediário
15	Duto de captação de gás de aquecimento
16	Plenum de saída de gás de aquecimento
17	Acoplamento de saída de gás de aquecimento
18	Espelho superior
19	Tampa do reator
20	Estrutura da tampa
21	Isolamento térmico da tampa
22	Chapa de revestimento
23	Selagem da tampa
24	Cilindro hidráulico de vedação da tampa
25	Saída de vapores e gases não-condensáveis
26	Acoplamento de saída dos vapores e gases não-condensáveis
27	Junta de expansão
28	Cilindro de acoplamento da saída dos vapores e gases não-condensáveis
29	Carrinho de levantamento da tampa
30	Guia de movimentação vertical da tampa
31	Corrente de movimentação da tampa
32	Engrenagem de levantamento da tampa
33	Engrenagem de enrolamento da corrente
34	Cilindro de giro do eixo da engrenagem
35	Estrutura do carrinho
36	Rodízio
37	Substituição de 4 ou 5 Tritubos para pneus de passageiros por um Tritubo para pneu de caminhão

Item	Descrição
38	Matéria-prima (ex.: pneu inteiro)
39	Reator CBT - 32 Tubos
40	Alimentador de pneus
41	Alimentador de lodos
42	Ponte rolante
43	Moega de descarga de carvão
44	Esteira de transferência de carvão
45	Desaglomerador de carvão/aço
46	Esteira de carvão
47	Eletroímã
48	Esteira de aço residual
49	Prensa enfardadeira de aço
50	Caracol de carvão limpo
51	Elevador de caçamba de carvão
52	Container de carvão limpo
53	Moinho de martelo
54	Classificador de negro-de-fumo
55	Venturi
56	Tanque de condensado
57	Bomba de recirculação de óleo
58	Torre de condensação
59	Trocador de calor
60	Centrífuga água / óleo
61	Tanque de estocagem de óleo
62	Bomba do tanque de estocagem de óleo
63	Ventilador de gases não-condensáveis
64	Demister
65	Selo hidráulico
66	Fornalha
67	Berço de sal fundido
68	Ventilador de gás quente
69	Ventilador de resfriamento

Item	Descrição
70	Chaminé
71	Trocador de calor
72	Blower Roots

REIVINDICAÇÕES

1. Aparelho para decomposição térmica de qualquer tipo de material orgânico compreendendo:

uma caixa externa (2) com tampa hermética (19)

uma camada de isolamento térmico (5) disposta em toda superfície interna da caixa externa (2) e tampa, o referido aparelho **caracterizado por** compreender ainda

pelo menos uma estrutura com três tubos concêntricos dispostos internamente, posicionados substancialmente na vertical e com a espessura de suas paredes adequada para aquecimento por meio de gases de um lado interno e externo da referida estrutura.

2. Aparelho de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado pelo fato** de que a estrutura com três tubos concêntricos compreende um tubo interno (7), um tubo intermediário (8) e um tubo externo (9), o aquecimento sendo realizado no lado externo e interno da região anular dos tubos.

3. Aparelho de acordo com a reivindicação 2, **caracterizado pelo fato** de que o espaçamento entre a parede interior do tubo externo (9) e a parede externa do tubo intermediário (8) é de aproximadamente 175 mm.

4. Aparelho de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado pelo fato** de que a estrutura com três tubos concêntricos possui paredes substancialmente finas cuja espessura varia entre 2 a 5 mm, preferencialmente, 3 mm e um comprimento substancialmente igual ao do aparelho.

5. Aparelho de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado pelo fato** de que o fluxo de calor para aquecimento transferido por condução aos três tubos concêntricos ocorre simultaneamente pelo lado interno do tubo intermediário (8) para o centro da região anular dos três tubos concêntricos e pelo lado externo do tubo externo (9) para o centro da região anular dos três tubos concêntricos, os gases utilizados para aquecimento não possuindo contato físico com o material a ser decomposto.

6. Aparelho de acordo com a reivindicação 1 ou 5, **caracterizado pelo fato** de que o aquecimento feito pelos gases quentes em regime de processo permite que a diferença de temperatura entre a entrada e saída

dos gases seja de aproximadamente 15°C.

7. Aparelho de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado pelo fato** de que é um reator de operação por batelada.

8. Aparelho de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado pelo fato** de que o material utilizado na caixa externa é, preferencialmente, aço carbono.

9. Aparelho de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado pelo fato** de que o material utilizado nos tubos concêntricos é, preferencialmente, Inox 310, podendo ser utilizados outros materiais resistentes às temperaturas médias entre 380°C e 420°C.

10. Aparelho de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado pelo fato** de que o material utilizado no interior da caixa externa e tampa é, preferencialmente, uma manta refratária para isolamento térmico da estrutura externa e vedações de Viton ou silicone no fechamento da tampa do aparelho.

11. Aparelho de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado pelo fato** de compreender dispositivos de compressão de ar e sopradores para suprimento de N2 ou CO2 para purgar vapores e gases não-condensáveis.

12. Aparelho de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado pelo fato** de compreender um conjunto de alimentação e saída de gás de aquecimento (11-17).

13. Aparelho de acordo com a reivindicação 1 ou 6, **caracterizado pelo fato** de compreender um conjunto de alimentação e saída de gás de aquecimento compreendendo um acoplamento de entrada de gás quente (11), um plenum de entrada de gás quente (12), um espelho inferior (13) para homogenização do fluxo de gás quente, um espelho interrmediário (14), um duto de captação de gás de aquecimento (15), um plenum de saída de gás de aquecimento (16) e um acoplamento de saída de gás de aquecimento (17).

14. Aparelho de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado pelo fato** de compreender ainda, preferencialmente, dois circuitos de resfri-

amento.

15. Aparelho de acordo com a reivindicação 14, **caracterizado pelo fato** de um primeiro circuito de resfriamento compreender as mesmas tubulações de aquecimento e ser realizado através de insuflação por um ventilador (70) e pela saída do gás quente na chaminé (71).

16. Aparelho de acordo com a reivindicação 14, **caracterizado pelo fato** de um segundo circuito de resfriamento compreender o resfriamento interno pela circulação de gás inerte (N_2 ou CO_2) diretamente sobre o carvão na parte anular dos tubos.

17. Aparelho de acordo com a reivindicação 16, **caracterizado pelo fato** de que o segundo circuito de resfriamento compreende uma canalização de purga (10), uma saída de vapores e gases não-condensáveis (25) e a recirculação de gases neutros em um trocador de calor (72) através de Blower Roots (73).

18. Processo para decomposição térmica de qualquer tipo de material orgânico utilizando o aparelho como definido em qualquer uma das reivindicações 1 a 17, **caracterizado pelo fato** de compreender as etapas de

alimentação de material orgânico no interior do aparelho;

aquecimento com gases no lado interior e exterior de uma região anular localizada nos tubos concêntricos internos ao aparelho;

processamento com extração e condensação de óleo;

resfriamento com gases; e

basculamento do aparelho.

19. Processo de acordo com a reivindicação 18, **caracterizado pelo fato** de

compreender a etapa de

manutenção de uma diferença de temperatura entre a entrada e saídas dos gases quentes de aquecimento em regime de processo de aproximadamente 15°C;

20. Processo de acordo com a reivindicação 18, **caracterizado pelo fato** de que o aquecimento para conversão do material de reação é

realizado por aproximadamente 3 horas, preferivelmente, 165 minutos.

21. Processo de acordo com a reivindicação 18, **caracterizado pelo fato** de que o aquecimento é realizado externamente ao tubo externo e internamente ao tubo intermediário e tubo interno.

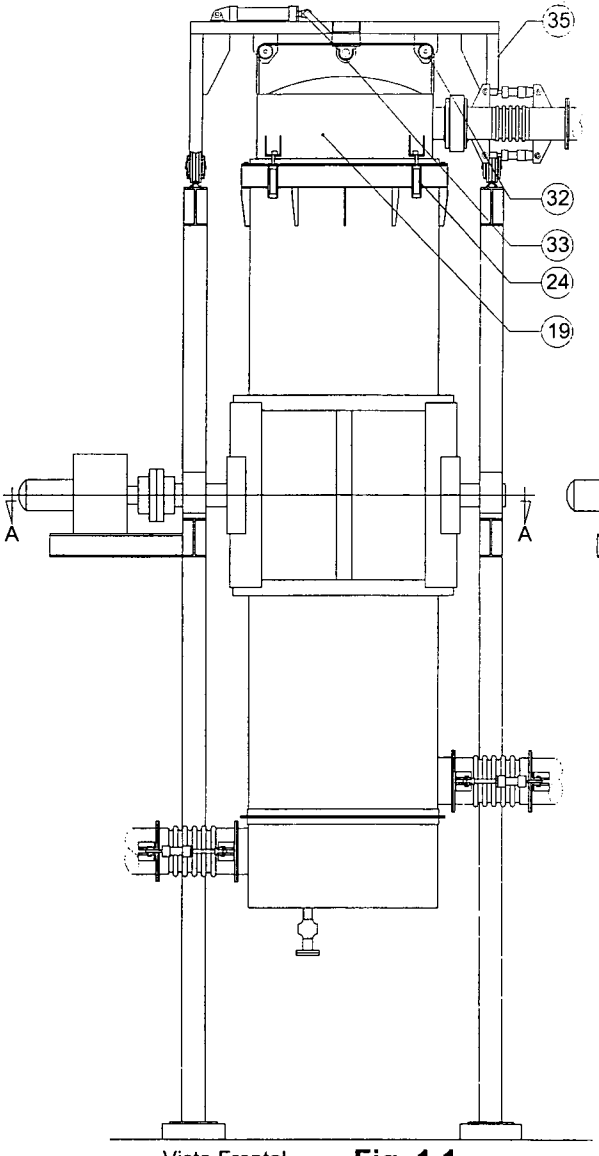
22. Processo de acordo com a reivindicação 18, **caracterizado pelo fato** de que o resfriamento para descarregamento do material da reação é realizado por aproximadamente 2 horas.

23. Processo de acordo com a reivindicação 18, **caracterizado pelo fato** de que N_2 é inserido no interior do aparelho para expulsão de oxigênio.

24. Processo de acordo com a reivindicação 18, **caracterizado pelo fato** de que o aquecimento é realizado por meio da alimentação de gás quente simultaneamente a todos os tubos.

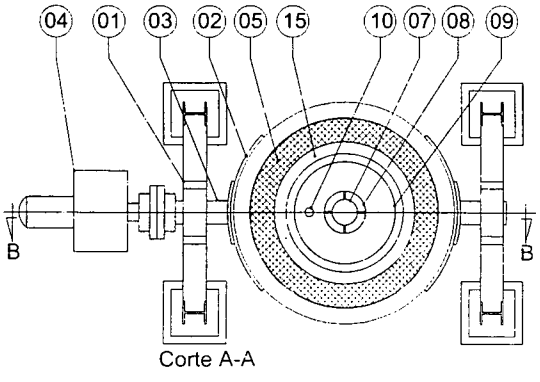
25. Processo de acordo com a reivindicação 18, **caracterizado pelo fato** de que compreende as etapas de

extração e condensação dos vapores e gases não-condensáveis gerados na conversão.



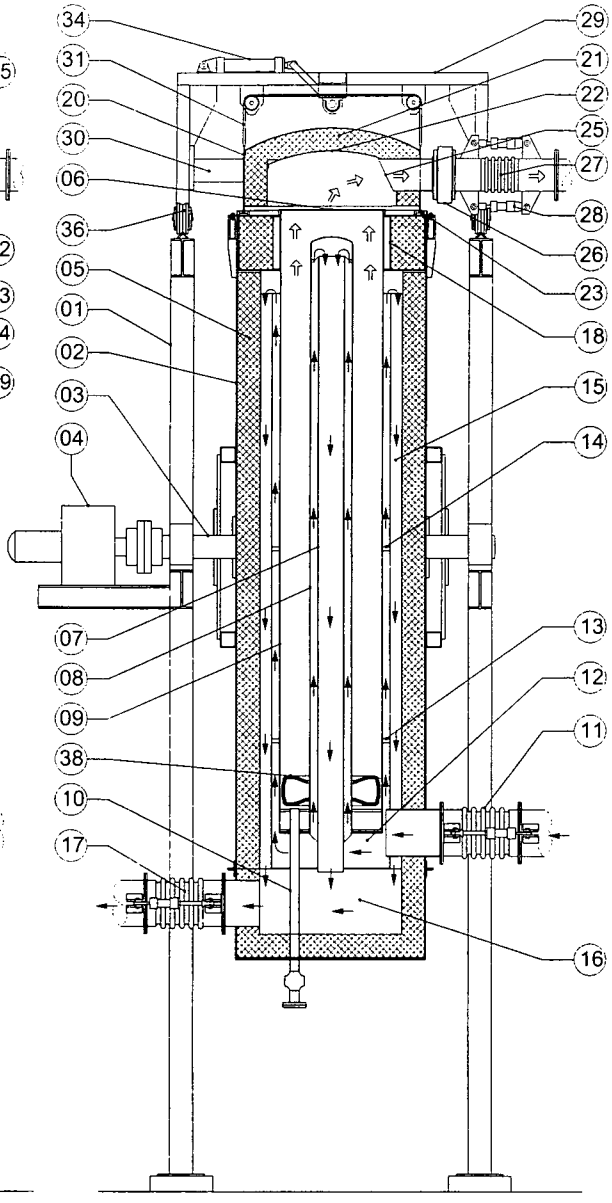
Vista Frontal

Fig. 1.1



Corte A-A

Fig. 1.2



Corte B-B

Fig. 1.3

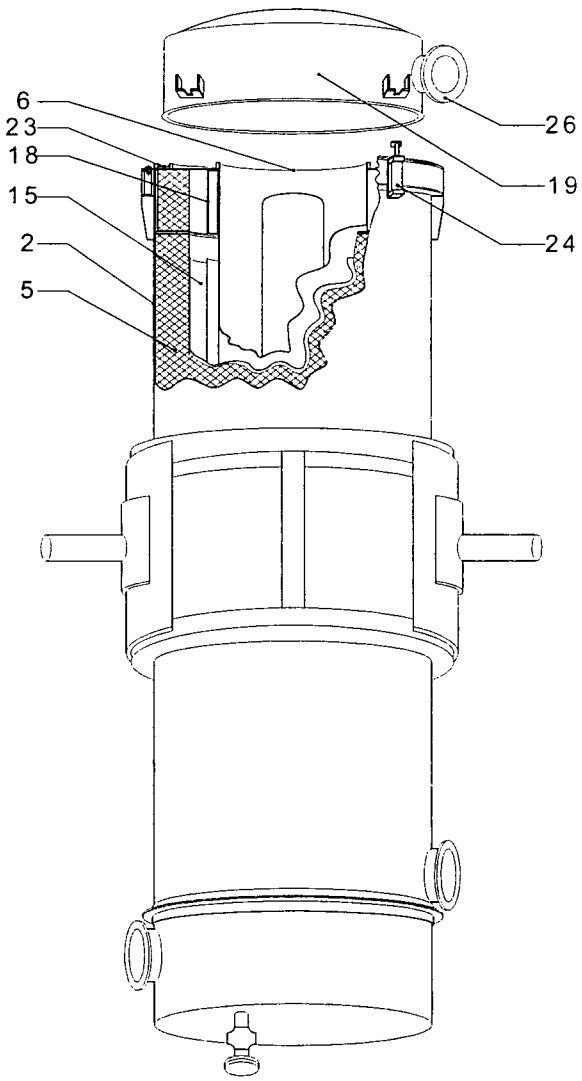


Fig. 1.4

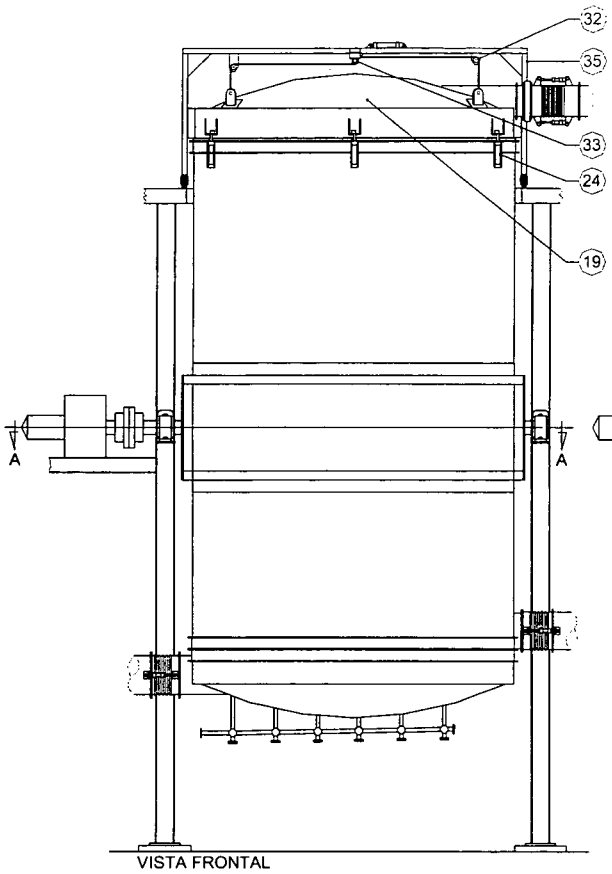


Fig. 2.1

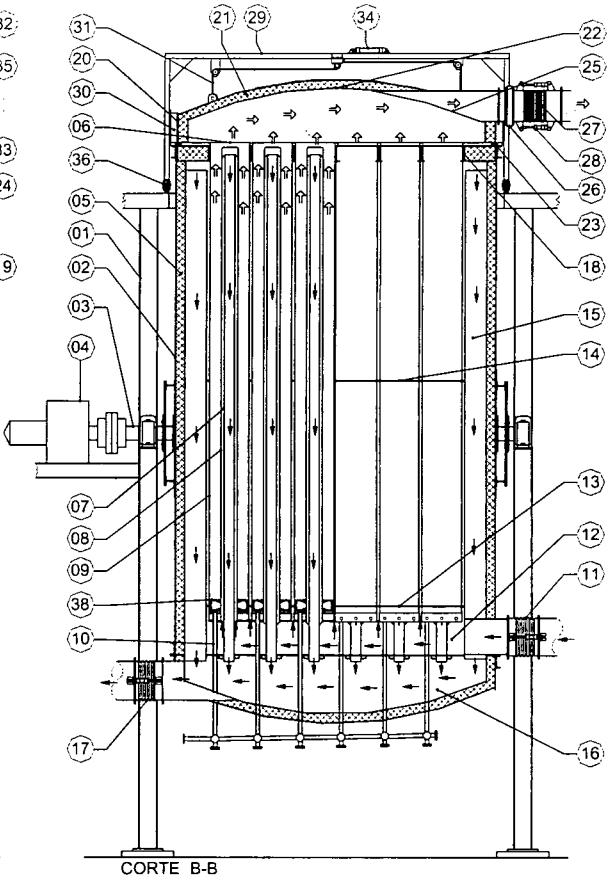


Fig. 2.3

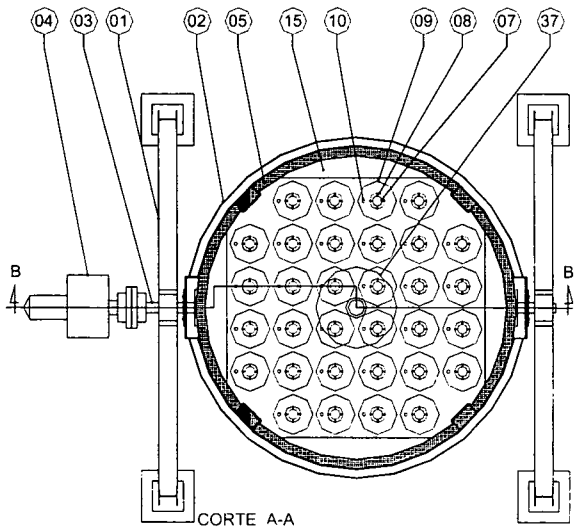


Fig. 2.2

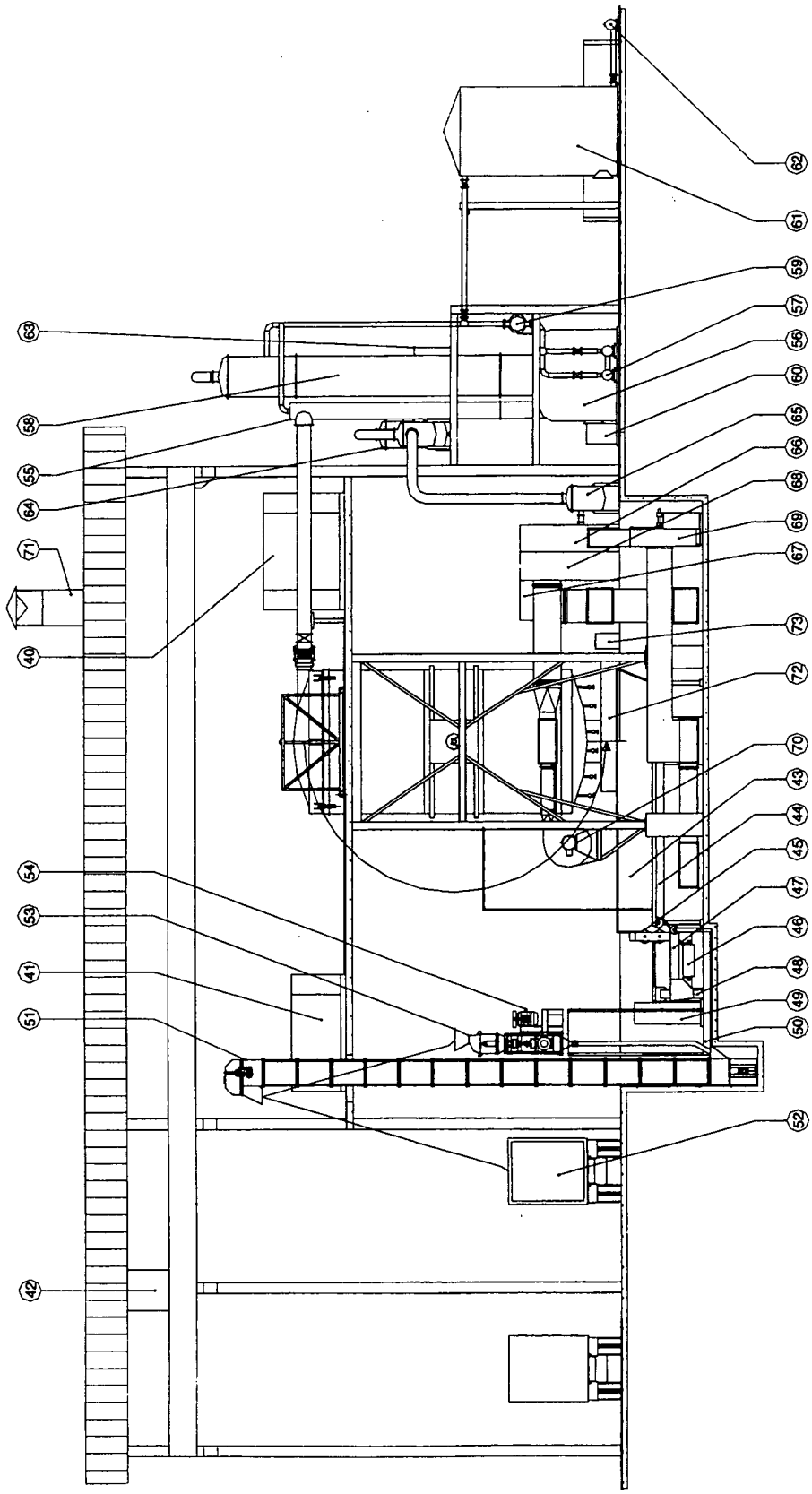

62
61
59
57
56
60
65
66
68
69
67
73
72
70
43
44
45
47
46
48
49
50
52
63
58
55
64
71
40
54
53
41
51
42

Fig. 3

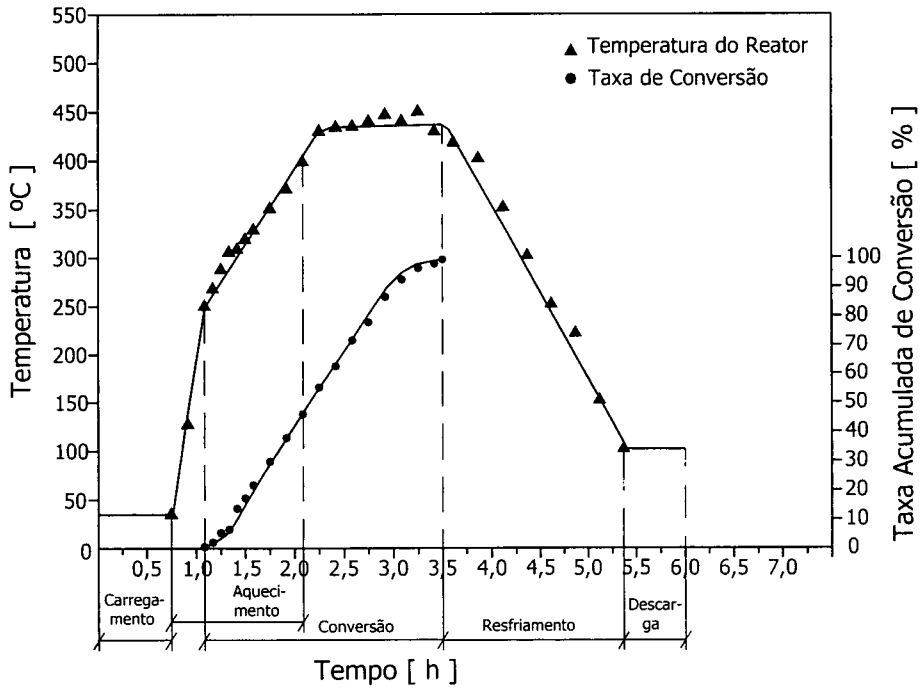
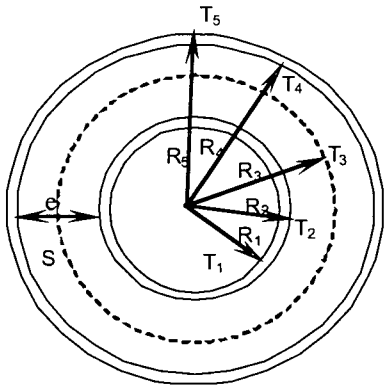

Temperatura do Reator
Taxa de Conversão
Temperatura [°C]
Taxa Acumulada de Conversão [%]
Tempo [h]
Carrega-mento
Aqueci-mento
Conversão
Resfriamento
Descar-ga

Fig. 4


T5
T4
T3
T2
T1
R5
R4
R3
R2
R1
e
S

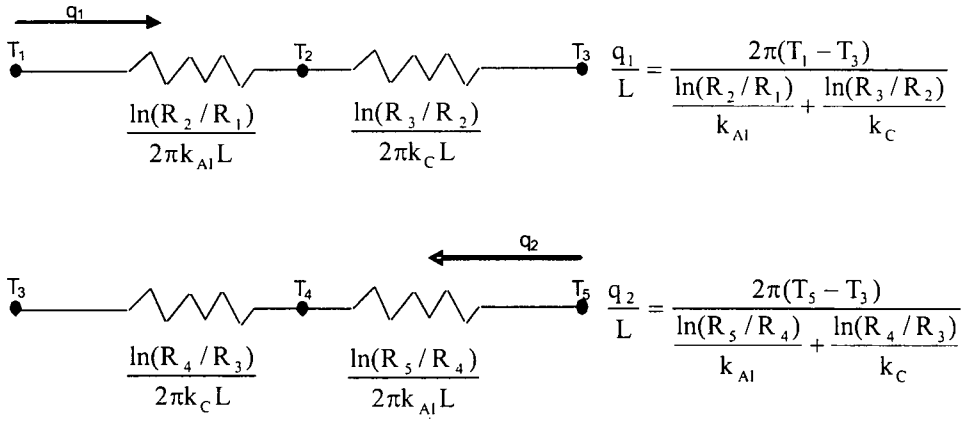

q1
T1
T2
T3
ln(R2/R1) / 2πkAlL
ln(R3/R2) / 2πkCL
q1/L = 2π(T1 − T3) / [ln(R2/R1)/kAl + ln(R3/R2)/kC]
q2
T3
T4
T5
ln(R4/R3) / 2πkCL
ln(R5/R4) / 2πkAlL
q2/L = 2π(T5 − T3) / [ln(R5/R4)/kAl + ln(R4/R3)/kC]

Fig. 5

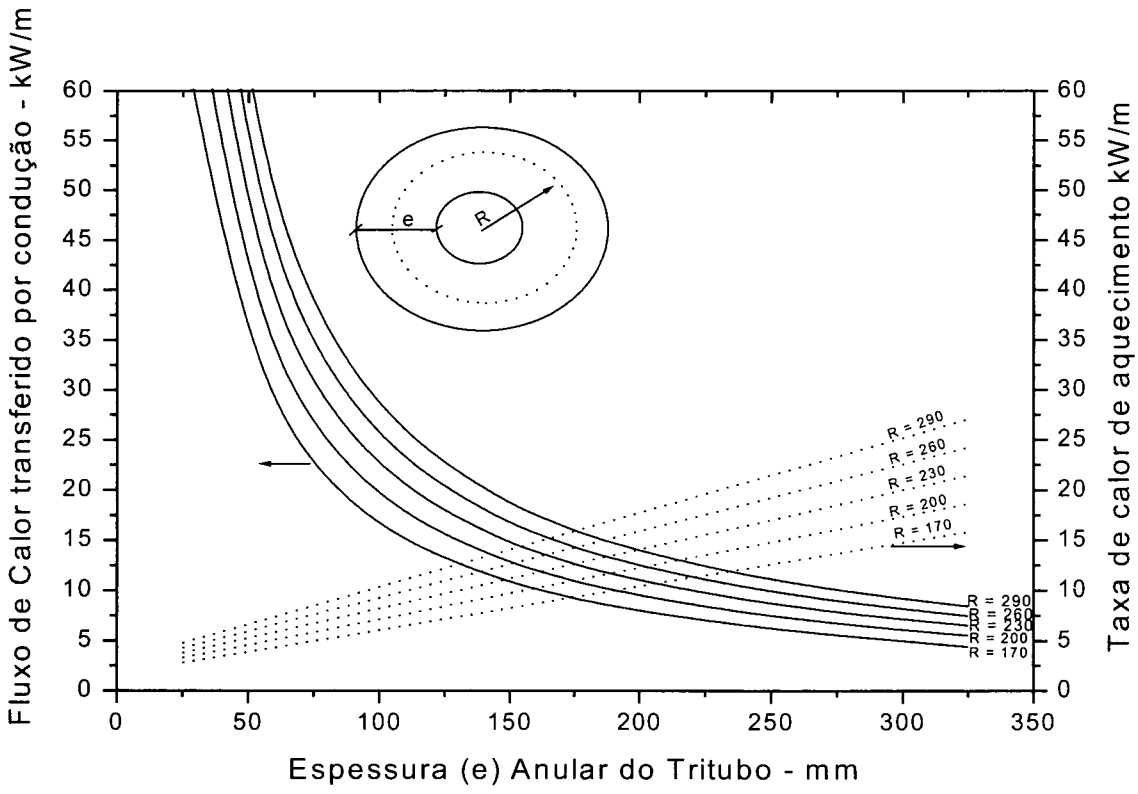

Fluxo de Calor transferido por condução - kW/m
Taxa de calor de aquecimento kW/m
Espessura (e) Anular do Tritubo - mm
e
R
R = 290
R = 260
R = 230
R = 200
R = 170
0
5
10
15
20
25
30
35
40
45
50
55
60
0
50
100
150
200
250
300
350

Fig. 6