



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

(11) PI 0603623-6 B1

(22) Data do Depósito: 11/08/2006

(45) Data de Concessão: 07/06/2016



(54) Título: PROCESSO DE PRODUÇÃO CONTÍNUA DE CARVÃO VEGETAL EM FORNOS
CONTAINERS COM IGNIÇÃO POR MULTIPLOS PONTOS NO FORNO

(51) Int.Cl.: C10B 47/00

(73) Titular(es): RIMA AGROPECUÁRIA E SERVIÇOS LTDA

(72) Inventor(es): RICARDO ANTÔNIO VICINTIN

PROCESSO DE PRODUÇÃO CONTÍNUA DE CARVÃO VEGETAL EM FORNOS CONTAINERS COM IGNIÇÃO POR MÚLTIPLOS PONTOS NO FORNO

Campo de utilização:

5 Refere-se a presente patente de invenção a uma tecnologia de produção de carvão em forno container. O sistema proposto permite a operação contínua ou em batelada com ou sem aproveitamento dos gases combustíveis gerados no processo de carbonização.

Os gases combustíveis gerados podem ser encaminhados para
10 queima em uma fornalha que estará acoplada ao forno container. Na fornalha, ocorrerá a combustão, gerando gases quentes com temperaturas superiores a 800°C. Estes gases, por sua vez, poderão ser utilizados no próprio processo de carbonização, como na secagem, pré-secagem, pré-carbonização e/ou carbonização de biomassa, ou em um segundo processo, como na secagem de
15 produtos orgânicos ou inorgânicos, na geração de vapor, operações de aquecimento, troca térmica, etc.

Outra opção consiste em utilizar os gases combustíveis gerados no processo de carbonização, com uma temperatura superior a 200°C, no próprio processo. Ou seja, estes gases, podem fornecer energia suficiente para processar a
20 carbonização durante sua etapa endotérmica.

Estado da técnica:

Mais de oito milhões de toneladas de carvão são consumidas a cada ano no Brasil e, desse total, aproximadamente 60% é produzido com madeira de eucalipto proveniente de reflorestamento. A maioria das carvoarias industriais
25 brasileiras trabalha com fornos de alvenaria tradicionais que não possuem sistema de aproveitamento da energia liberada durante a etapa exotérmica do processo, ou seja, após a secagem da madeira. Esses fornos não permitem que um controle das propriedades do carvão seja feito uma vez que os próprios operários controlam a carbonização, tendo como parâmetro a coloração da fumaça, efluente atmosférico
30 que é liberado diretamente para o meio ambiente.

A decomposição térmica da biomassa lenhosa apresenta duas etapas principais e distintas: a primeira consiste na secagem da madeira, etapa endotérmica, e a segunda consiste na liberação de compostos voláteis com relativo

poder calorífico, esta é uma etapa exotérmica.

A biomassa, neste caso a lenha, após o corte, apresenta cerca de 50% de umidade na forma de água não ligada ou água livre e aproximadamente 10% de água de composição, ou seja, na forma de uma solução de compostos, como alcatrão solúvel, ácido acético, entre outros. A esta solução, dá-se o nome de licor pirolenhoso.

Após a saída ou eliminação de toda a umidade da lenha ou água livre, a madeira passa a ter em média a seguinte composição: 35% de licor pirolenhoso, 33% que será transformado em carvão, 25% de gases não condensáveis e 7% de alcatrão insolúvel.

Após a secagem, durante a etapa exotérmica, a carbonização é um processo auto-sustentável, ou seja, não há necessidade de injeção de energia para continuação do processo. Nesta etapa, que dura, aproximadamente, 30 a 50% de todo o ciclo da carbonização, ocorre a geração e eliminação dos gases não condensáveis, monóxido e dióxido de carbono, hidrogênio, além de ácido acético, metanol, alcatrão solúvel, entre outros.

Parte das fumaças originadas do leito de pirólise ou carbonização da biomassa, pode ser condensada, originando um licor pirolenhoso que, depois de decantado se separa em duas fases: uma fase aquosa contendo álcoois, cetonas e outros compostos voláteis de baixo peso molecular e uma fase oleosa denominada alcatrão vegetal, que se compõe de água, creosoto (mistura de fenóis voláteis) e piche polimérico.

Mais de 400 compostos foram identificados no alcatrão da madeira e, alguns deles, tais como os hidrocarbonetos poliaromáticos podem causar forte impacto ambiental devido às suas propriedades cancerígenas e mutagênicas.

Em média, a composição química dos gases não condensáveis é a seguinte: 32% CO₂, 19% CO, 5% CH₄, 1% H₂, 4% metanol, 11% ácido acético e 27% de alcatrão. Destes compostos, com exceção do dióxido de carbono, todos os demais são combustíveis e apresentam poder calorífico entre 2.400 a 12.000 kcal/kg de biomassa. A emissão destes compostos combustíveis, ou o seu não aproveitamento, corresponde em média, à não recuperação de uma energia da ordem de 1Gcal por tonelada de madeira.

Esta energia representa, mais que 40% de toda a energia contida na madeira e em um desperdício energético nesta mesma ordem de grandeza.

A utilização dos gases combustíveis provenientes da carbonização como fonte de energia para processos secundários apresenta as seguintes vantagens operacionais, ambientais e de segurança:

- permite o contato direto dos produtos da combustão do gás com a carga/biomassa a ser aquecida, com redução no consumo de energia, necessária para a etapa de secagem da biomassa,

- eliminação do gás metano na composição dos gases gerados (o metano, CH_4 , apresenta um dano potencial ao efeito estufa vinte e uma vezes superior aos efeitos maléficos do dióxido de carbono, CO_2),

- facilidade de ignição, mesmo com a câmara de combustão fria,

- necessidade de baixo nível de excesso de ar de combustão, otimizando o uso da energia e reduzindo a formação de óxidos de nitrogênio (Nox),

- evita a contaminação do meio ambiente, uma vez que não há emissão de poluentes, como fuligem, óxidos de enxofre, vanádio, sódio, aldeídos, chumbo etc., como ocorre com combustíveis líquidos e sólidos,

- otimização da taxa de aproveitamento energético da madeira, evitando desperdícios ou perda de energia para o ambiente,

- otimização na produtividade do carvão, uma vez que as etapas endotérmica e exotérmica são realizadas de forma independente, reduzindo ou evitando o consumo de lenha para a etapa de secagem,

- possível redução do custo da lenha ou biomassa plantada, pelo aumento no fator de conversão biomassa-carvão,

- etc.

Solução do Problema

A presente patente de invenção propõe a resolução de quatro problemas cruciais no processo de carbonização em fornos tipo rabo quente ou fornos de alvenaria, seja eles:

- possibilita uma recuperação de praticamente 100% da energia contida na madeira quando viva,

- possibilita maior qualidade no produto, carvão vegetal, uma vez que o processo pode ser controlado de forma automatizada e contínua,

- possibilita a produção de forma contínua pela alternância das etapas do processo de forma seqüencial e com tempos determinados,
- possibilita maior produtividade de carvão.

Para otimização deste processo, a presente patente de invenção, propõe a condução da carbonização da madeira de forma contínua ou semi-contínua, e em um tempo bastante reduzido em relação ao processo convencional de carbonização em fornos de alvenaria, conhecidos como "rabo quente", cujo período de carbonização compreende em média de 10 a 15 dias.

O processo semi-contínuo de carbonização, com redução no tempo do ciclo, consiste em se carbonizar a madeira sob pressão negativa, obtida pela sucção dos gases e vapores gerados durante o processo, por um exaustor. Este gradiente de pressão ou depressão gerada conduz à formação de um fluxo gasoso, responsável pelo arraste dos gases e vapores gerados e aumento da velocidade de saída e deslocamento dos mesmos. Dessa forma, o ciclo convencional passa a ter um período de duração inferior a 24 horas.

A carbonização contínua consiste na seguinte seqüência:

O processo ocorre em ciclos ou repetições de 4 estágios, que ocorrem de forma simultânea:

- carregamento
- carbonização,
- resfriamento,
- descarregamento

O tempo máximo de cada etapa é de 8, o que permite a condução de 3 ciclos diários, para um conjunto de 4 fornos containers. Para lenha fina, galhada, capim, etc., o tempo médio de carbonização é inferior a 4 horas, o que permite a condução de pelo menos 6 corridas por dia.

Para que o processo ocorra de forma contínua, com produção em grande escala, pode-se multiplicar esta unidade de processo, constituída por 4 fornos, por múltiplos de 4, como 8, 12, 16, 20, 24 fornos, etc.

Outro lay-out possível para a condução de ciclos contínuos, consiste em instalar "n" baterias de fornos para cada etapa do processo, estando estas baterias conectadas por fornalhas intermediárias. Ou seja, uma bateria de fornos fornece gases combustíveis provenientes da carbonização para uma ou quantas fornalhas forem necessárias, estas geram gases quentes que são

conduzidos para outra bateria de fornos containers para serem carbonizados, que geram gases combustíveis para uma segunda bateria de fornalhas, destas são conduzidos gases quentes para uma terceira bateria de fornos containers e assim sucessivamente até que se atinja a produção pretendida.

5 Na seqüência anterior existe uma bateria de fornos sendo carregados com biomassa e na seqüência posterior existe outra bateria de fornos em processo de resfriamento e após de descarregamento.

Pode-se ainda, disponibilizar os gases combustíveis gerados na primeira bateria de fornos containers para serem inseridos em uma segunda bateria de fornos containers diretamente, ou seja, sem passagem e combustão nas fornalhas. O potencial energético destes gases da primeira batelada fornecerá energia suficiente para prover a energia necessária na etapa endotérmica do processo de carbonização dos fornos da segunda batelada e assim sucessivamente.

15 Como já mencionado anteriormente, no caso de se optar pela combustão dos gases em fornalhas, os gases quentes gerados podem ser aproveitados na secagem, pré-secagem, pré-carbonização e/ou carbonização da biomassa contida em outros fornos containers.

Descrição do Equipamento:

20 O forno container consiste de um container metálico que pode ser construído de aço carbono, aço carbono ligado, ferro fundido, aço inoxidável, ou outro material qualquer que apresente resistência térmica e mecânica necessárias. Esse container pode ser cilíndrico, retangular, poligonal, podendo também apresentar qualquer outra configuração geométrica, que possibilite a acomodação da lenha. O container pode ser inserido dentro de uma camisa de alvenaria, aérea ou subterrânea, caso seja importante conservar parte do calor gerado no processo.

30 O início da carbonização exige uma ignição ou fonte de calor externa, que será responsável pelo suprimento energético da etapa endotérmica do processo. Na presente patente de invenção, a ignição ou *start-up* do processo poderá ocorrer pela base, pelo topo e/ou pelas laterais do forno container. O topo do forno container é então constituído por um "telhado" de chapa de aço, em formato cônico ou outra forma, com janelas ou furos para entrada controlada de ar no interior do forno. Por estas entradas, alimenta-se o forno com biomassa, gravetos, ou qualquer combustível de rápida inflamabilidade e se inicia a ignição.

O container pode dispor de um isolamento térmico em sua área externa, ou parede lateral, com as devidas aberturas para admissão de ar atmosférico, que irá reduzir as perdas de energia para o ambiente, elevando a temperatura interna e por consequência acelerando o processo de carbonização.

5 O container poderá ainda dispor de uma ou mais fileiras de tubulações, furos, aberturas, ou janelas, dispostas de forma seqüencial ou intercaladas em um ou mais níveis na altura do forno e em uma ou mais posições no sentido horizontal. O início do processo ou a ignição também poderá ocorrer por meio destas aberturas. Por estas janelas, deverá ocorrer admissão de ar atmosférico para alimentação de oxigênio no forno container e manutenção da
10 frente de ignição, necessária para a condução do processo de carbonização; de forma semelhante às "baianas" e "tatus" nos fornos tradicionais de alvenaria.

Estas aberturas deverão dispor em uma de suas extremidades de um dispositivo, como uma válvula, ou algum mecanismo que possa atuar na
15 vedação do forno, conforme a cinética do processo. Ou seja, à medida que o processo ou linha de carbonização vai se deslocando de cima para baixo ao longo do forno container, estas aberturas para entrada de ar vão sendo fechadas.

Dessa forma, a seqüência do processo é a seguinte: a ignição na região superior, inferior e/ou lateral do forno, ocorrendo com entrada controlada de
20 ar. Em seguida o fluxo de calor gerado deverá ascender no interior do forno e após atingir o topo começará a descer, percolando a lenha, conduzindo calor e promovendo a carbonização. As entradas de ar destas regiões são então, gradativamente, fechadas. Em seguida a carbonização ocorre na região intermediária e então as tubulações desta zona são fechadas e por fim ocorre a
25 carbonização na base do forno, pela entrada controlada de ar. Então são vedadas as últimas aberturas. O forno pode ser sub-dividido em quantas regiões, zonas ou camadas que sejam necessárias ou adequadas ao processo, tamanho do forno e lay-out do sistema.

Descrição do Processo

30 A lenha é colocada dentro do container, que depois de fechado pode ser inserido dentro de um poço de alvenaria, para reduzir as perdas térmicas. O forno container possui uma tampa metálica, e toda a sua superfície externa, superior, lateral e/ou inferior, pode ou não apresentar um revestimento com isolamento térmico.

A base do container, consiste em uma tampa perfurada, com furos de diâmetros que podem variar conforme o diâmetro da lenha que é utilizada no processo. Por estes furos, são conduzidos os gases oriundos da carbonização. Estes gases são succionados por um sistema de exaustão, externo ao forno container.

Os gases admitidos pela base, topo ou lateral podem ser ar atmosférico enriquecido ou não. Esta admissão de ar pode ser controlada por um sistema de válvulas, portas ou qualquer outro tipo de obstrução ao fluxo gasoso. Durante a ignição do forno, a entrada de ar no forno é regulada por uma ou mais aberturas, na região em que se pretende iniciar o processo. O *start up* pode então ser realizado em qualquer das regiões do forno, base, topo e/ou lateral. Esta definição estará condicionada ao formato do forno, dimensões, tipo de biomassa, forma de empacotamento da lenha, entre outros fatores.

Ou seja, a presente patente propõe um processo de carbonização em forno container, sem a necessidade de se operar com uma câmara de combustão externa, o que otimiza o processo da carbonização, prolongando o tempo de vida útil e reduzindo o custo dos equipamentos. A câmara de ignição passa a ser o interior do forno container, ou mais especificamente, o leito de biomassa.

Todo o processo de carbonização pode ser monitorado por um indicador de temperatura interno no forno, de forma que, as diferentes fases de decomposição térmica da lenha podem ser acompanhadas pelo operador como temperaturas indicadas em um mostrador, dispensando o uso de critérios subjetivos.

A presente patente de invenção descreve um novo processo de produção de carvão, com elevada eficiência térmica, produtividade e possibilidades de reaproveitamento de toda a capacidade energética da madeira, na forma de utilização dos gases provenientes da carbonização, como fonte de energia para processos paralelos e/ou consecutivos de secagem, pré-secagem, aquecimento, pré-aquecimento e/ou qualquer outra forma de troca ou aproveitamento de calor ou energia, como por exemplo, a utilização destes gases como fonte de energia para geração de vapor e produção de energia elétrica pelo acionamento de turbinas a vapor.

Descrição das figuras:

A invenção poderá ser melhor compreendida através da descrição detalhada do processo e das figuras que estão em anexo.

A Figura 1 apresenta uma vista lateral do forno container. O forno container deverá ser construído com aberturas no topo e/ou nas laterais ou em qualquer outra posição, conforme descrito no desenho.

Descrição das partes do projeto:

- Container no poço de carbonização (1);
- Tampa do container (2);
- Alça para transporte do container (3);
- Furos para admissão do ar atmosférico para o interior do forno container ou leito de biomassa (4);
- Passagem ou tubulação para saída dos gases oriundos da carbonização da lenha (5);
- Furos para admissão de ar atmosférico para o interior da câmara de ignição externa (6)
- Câmara de ignição externa (7);
- Camisa de alvenaria para isolamento térmico (8);
- Tubulação de saída dos gases da carbonização (9);
- Exaustor para sucção dos gases da carbonização (10);
- Dispositivo para regulação da entrada dos gases da carbonização para a câmara de queima e/ou condensação (11);
- Tubulação de entrada de ar secundário de combustão para a câmara de queima (12);
- Ventilador para injeção ou alimentação de ar secundário de combustão para a câmara de queima (13);
- Dispositivo para regulação da vazão de ar secundário de combustão para a câmara de queima (14);
- Dispositivo para regulação da vazão de ar para o container de pré-secagem (15);
- Câmara de queima ou combustão (16);
- Exaustor para sucção dos gases da fornalha (17);

- Dispositivo para controle da saída dos gases da câmara de queima (18);
- Chaminé para saída dos gases da câmara de queima (19);
- 5 ▪ Tubulação para passagem dos gases da câmara de queima para o container de pré-secagem ou de carbonização secundária e/ou para um segundo processo (20);
- Container de pré-secagem ou de carbonização secundária (21);
- 10 ▪ Câmara de entrada dos gases, provenientes da câmara de queima, no container de pré-secagem (22);
- Câmara de saída dos gases após pré-secagem e/ou carbonização secundária da lenha (23);
- 15 ▪ Exaustor para sucção dos gases do container de pré-secagem e/ou carbonização secundária (24);
- Dispositivo para controle da saída dos gases do container de pré-secagem e/ou carbonização secundária (24);
- Chaminé para saída dos gases do processo de pré-secagem da lenha (25);
- 20 ▪ Termopares (26);
- Tubulação para passagem dos gases gerados na carbonização do container (1) para promoverem a pré-secagem e/ou carbonização no container (27);
- Dispositivo para regulagem da vazão dos gases da carbonização para o container (28);
- 25 ▪ Tubulação para passagem dos gases quentes gerados na fornalha para fornecimento de energia em um segundo processo térmico (29);
- Dispositivo para regulagem da vazão de gases quentes gerados na fornalha, para um segundo processo (30);
- 30 ▪ Segundo processo, que não a carbonização, com suprimento de energia a partir dos gases quentes gerados na fornalha (31);

- Sistema de exaustão acoplado à camisa do forno container (32);
- Válvulas para direcionamento do fluxo de gases a serem succionados durante a carbonização (33).

5

Descrição detalhada da invenção:

A lenha é carregada, de forma manual ou automatizada, por meio de equipamento tipo grua, no container (1) como mostra a Figura (1). Em seguida a tampa do container (2) é fechada, de modo a se manter presa ou acoplada ao forno.

O container é içado pela alça (3) e é introduzido ou ajustado a um suporte, posicionado sobre a câmara de ignição (7). A câmara de ignição (7) é o local onde por onde pode ser iniciado o processo de carbonização. A ignição pode ser realizada pela câmara de ignição externa (7), e/ou pelas aberturas laterais (4) e/ou pelas aberturas no topo do forno (4). Quando a ignição é realizada pelas aberturas laterais e/ou topo do forno container, o próprio leito de lenha ou biomassa funciona como base para a ignição. Este procedimento otimiza as condições de operação do sistema, reduz o consumo de combustível para a ignição e prolonga o tempo de vida útil dos equipamentos, uma vez que evita o contato direto da estrutura do forno, no caso a tampa, com o fogo/chama que se forma quando a ignição ocorre em uma câmara externa.

20

Para realizar a ignição, são queimados resíduos ou lenha de baixa qualidade ou qualquer biomassa ou fonte de energia que seja suficiente para gerar o calor necessário para iniciar a carbonização da biomassa, madeira, ou lenha enfiada.

25

Os gases quentes gerados a partir do processo de ignição atingem o interior e topo do container (1) e trocam calor com a carga de biomassa promovendo sua decomposição térmica. O processo de ignição é mantido até que se forme a frente de ignição no interior do leito de biomassa, que pode ser visualizada pelas aberturas laterais do forno (4). A partir daí, as entradas de ar atmosférico no interior do forno container vão sendo fechadas em sequência de forma a proporcionar um fluxo de carbonização descendente. O vapor d'água, a fumaça e os gases gerados no leito de carbonização são succionados por um exaustor (10), que poderá estar conectado à base (8) e/ou topo e/ou laterais do forno container (32). A sucção dos gases poderá ocorrer pela câmara de ignição ou toda a superfície do forno container, ou seja topo e parede lateral. Este processo

30

será possível devido à presença de uma camisa envolvendo o forno container, de forma que o volume compreendido entre a parede do forno e esta camisa fará conexão com o interior do forno por meio de aberturas na parede. Ou seja: haverá dois tipos de aberturas na parede do container: aberturas que conectam o interior com a camisa e aberturas que ultrapassam a camisa, conectando o interior do forno com o meio externo. O forno poderá ser dividido em quantas regiões forem consideradas importantes ou necessárias, e o fluxo ou exaustão dos gases poderá ser realizado por região de forma consecutiva, simultânea ou poderá ser realizado apenas em uma única região, seja, base, meio ou topo. O controle e sentido do fluxo deverão ser controlados pela abertura e fechamento das válvulas, presentes em cada uma das tubulações de exaustão (33).

Esta montagem deverá possibilitar ao mesmo tempo: entrada de ar controlada para o interior do forno e sucção dos gases a partir de qualquer região do forno.

O processo de carbonização é monitorado por meio de manômetros e termopares (26) estrategicamente colocados no interior do container, de forma que, quando a carbonização termina, praticamente todo o volume do container passa a ser ocupado pelo carvão vegetal formado e a temperatura se mantém praticamente homogênea em toda a extensão do forno. A partir daí, o forno container é novamente içado e deslocado ou transportado por meio de pórtico ou ponte rolante para o local de resfriamento. O tempo de resfriamento do carvão é inferior a 10 horas. O resfriamento pode ocorrer por convecção, através da condução de calor pelas paredes metálicas do container e/ou pela pulverização de água no interior do forno container, absorção de calor e vaporização da água.

Cada unidade poderá trabalhar com um ou mais containers. A logística funciona da maneira que será descrita a seguir. O caminhão de lenha descarrega a mesma no pátio. A lenha é carregada no forno container (1), por meio de uma grua. Neste momento, o forno container está tombado e apoiado sob um cavalete. Após a introdução da lenha no interior do forno container, faz-se o fechamento ou travamento do mesmo com a tampa da base (2). Em seguida todo o conjunto é pesado e descontando-se o peso da estrutura metálica, tem-se o peso da lenha enforcada. O forno container é então içado pelo pórtico ou ponte rolante e conduzido até o poço de carbonização. No poço de carbonização, o forno container é acoplado à câmara de combustão (7). Esta câmara pode ser utilizada como

câmara de ignição ou como câmara para apoio ou contenção do sistema de exaustão.

Após ajuste do forno container sobre a câmara de ignição externa (7), inicia-se o processo de carbonização. A ignição poderá ocorrer na câmara externa e/ou pelo topo e/ou pela lateral do forno container, da seguinte forma: alimenta-se, pelas aberturas do forno (4), pedaços de biomassa, como gravetos, folhagens, etc e faz a queima destes. A combustão e o fogo deverão se manter até que se estabeleça a frente de ignição no interior do container. Esta frente de ignição deverá ascender até o topo do forno container. Caso a ignição seja realizada pelo topo, a frente de ignição inicial já estará posicionada no local adequado.

Em seguida, inicia-se a descida da frente de carbonização, no sentido longitudinal do forno container, percolando todo o leito de biomassa e promovendo a decomposição térmica da lenha.

A passagem da frente de carbonização pelas regiões ou níveis do forno container pode ser verificada visualmente pelas aberturas laterais (4), presentes na parede do forno. Dessa forma, à medida que a frente de carbonização desce, as entradas de ar correspondentes à esta altura ou nível do forno container vão sendo gradativamente fechadas. Após todas as entradas de ar estarem fechadas, o forno container permanece vedado, com sucção dos gases pelo sistema de exaustão (10), até que a temperatura ao longo do volume do forno se homogeneize e se estabilize em torno da temperatura final que se deseja alcançar. Esta temperatura final é definida em função do teor de carbono fixo que se deseja. Quanto maior a temperatura final, maior o teor de carbono fixo.

Todos os gases e vapores succionados pelo sistema de exaustão (8, 32, 10), são conduzidos até a fornalha ou câmara de queima (16), onde são queimados, gerando calor e gases quentes, os quais poderão ser utilizados de diversas formas, como no próprio processo: secagem da biomassa e/ou carbonização da biomassa (21), ou em outros processos, como processos de secagem, aquecimento, destilação, redução térmica, geração de vapor, etc.

Depois de terminada a carbonização, o forno container, contendo o carvão em temperatura elevada, é retirado do poço de carbonização e transferido para o poço de resfriamento ao ar livre com ou sem refrigeração de água.

Ao final do resfriamento, faz-se a pesagem do forno container, para obtenção do peso de carvão produzido. A descarga do carvão é feita tombando-se novamente o forno container e descarregando o carvão no pátio de estocagem ou em um local apropriado.

5 O processo é contínuo, ou seja, enquanto um container está dentro do poço sofrendo o processo de carbonização, outro container está sendo carregado, o terceiro está sendo descarregado e o quarto container em processo de resfriamento, de maneira que os poços para cada estágio do ciclo nunca ficam vazios.

10 Os gases da carbonização conduzidos pela tubulação (9) são succionados pelo exaustor (10) e então são regulados por um dispositivo (11) para entrada na câmara de queima ou câmara de combustão (16). Paralelo a esta tubulação de passagem dos gases da carbonização, outra tubulação (12) servirá para passagem de ar secundário de combustão para alimentação na câmara de
15 queima (16). O Ar secundário será admitido no sistema por meio de um ou mais ventilador(es) (13). A partir do ventilador (13), o ar atmosférico poderá seguir a tubulação (12) para entrada como ar secundário de combustão na câmara de queima (16); cuja vazão deverá ser regulada pelo dispositivo de regulação (14), e/ou poderá seguir outra tubulação () para resfriamento dos gases provenientes da
20 câmara de queima e/ou para reduzir a temperatura no container de pré-secagem (21) em caso de necessidade. Para este controle, deverá haver um dispositivo (15) para controle e regulação da alimentação de ar atmosférico no processo.

Ao serem introduzidos na câmara de queima (16), os gases da carbonização serão queimados por meio de um sistema de ignição qualquer,
25 gerando uma chama radiante com elevado poder calorífico. A energia liberada neste processo poderá promover diversos fenômenos de transferência de calor, reações químicas, processos físicos de mudança de fase, etc. Após esta etapa de recuperação energética dos gases da carbonização, os gases provenientes da queima dos gases combustíveis, ainda com temperatura elevada poderão ser
30 reaproveitados em uma etapa paralela ou consecutiva, como por exemplo, a pré-secagem ou a própria carbonização da madeira. Os gases provenientes da câmara de queima poderão ser conduzidos para a atmosfera pela chaminé (19) ou seguirão para uma próxima etapa de recuperação energética por outra tubulação (29). Para

regulagem e controle da saída dos gases da câmara de queima, deverá haver um dispositivo regulador (18) localizado em uma posição anterior à chaminé (19).

No caso de se optar por aproveitar o potencial energético dos gases da combustão, oriundos da câmara de queima; os mesmos podem ser conduzidos pela tubulação (20) para um container de pré-secagem da madeira ou lenha (21). Os gases entrarão pela câmara de entrada de gases (22) e sairão pela câmara de saída de gases (23). Após saída do container de pré-secagem, os gases deverão seguir pela chaminé de saída dos gases do processo de pré-secagem da madeira (25). A vazão dos gases do container de secagem e/ou carbonização deverá ser definida pelo exaustor (24).

Já no caso de se optar por utilizar a energia contida nos gases quentes gerados na fornalha após combustão em um segundo processo, como secagem, troca de calor, geração de vapor, etc., então, os gases passarão a ser conduzidos pela tubulação (29) para fornecimento de energia neste processo (31). Neste caso, pode-se contar com um dispositivo de regulagem dos gases (30).

Uma terceira opção consiste em se conduzir os gases combustíveis gerados no container para um segundo container, com intuito de fornecer energia para a carbonização diretamente, sem passagem pela fornalha. Ou seja, os gases seguiriam o caminho indicado pela tubulação (27) e seriam regulados pelo dispositivo (28), entrando diretamente no container (21).

Nesta ocasião, praticamente todo o potencial energético da biomassa original, foi aproveitado para produção de carvão, secagem, operação de processos físico-químicos quaisquer e geração de um efluente atmosférico com baixa temperatura e composto basicamente por gases resultantes de um processo de combustão completa. Ou seja, por este processo, não há emissão de metano na atmosfera, gás com potencial poluidor vinte e uma vezes superior ao dióxido de carbono.

REIVINDICAÇÃO

1) PROCESSO DE PRODUÇÃO CONTÍNUA DE CARVÃO VEGETAL EM FORNOS CONTAINERS COM IGNIÇÃO POR MÚLTIPLOS PONTOS NO FORNO,

- 5 caracterizado por iniciar a ignição ou start up do processo de carbonização por aberturas, localizadas na base e lateral, topo e lateral, base e topo, ou base, topo e lateral do forno container (4), sem uma câmara de combustão externa, sendo que as aberturas são projetadas em função do formato do forno, dimensões, tipo de biomassa, forma de empacotamento da lenha, entre outros
- 10 fatores, permitindo uma otimização do processo, prolongando o tempo de vida útil e reduzindo o custo dos equipamentos, visto que a ignição passa a ser no interior do forno container, ou mais especificamente, no leito de biomassa.

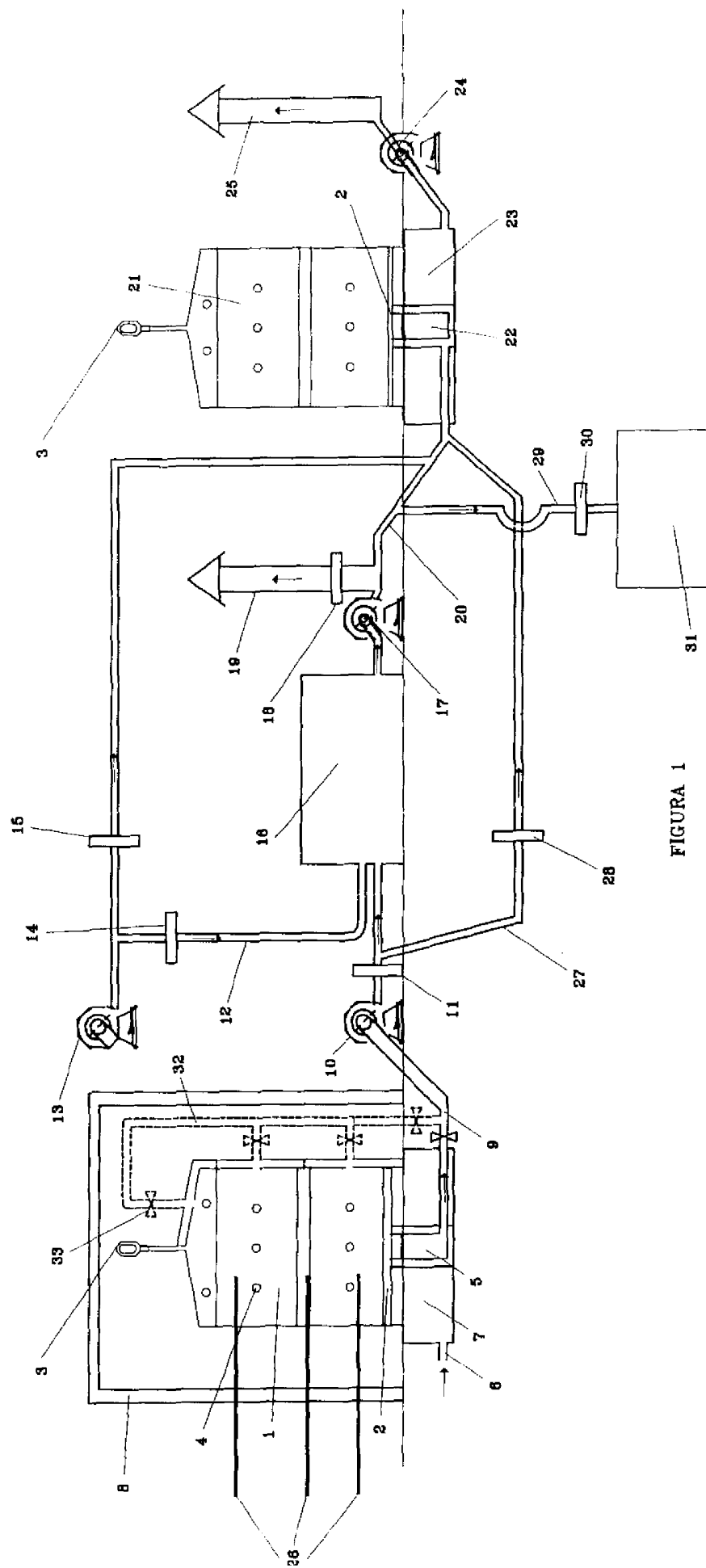


FIGURA 1

RESUMO

PROCESSO DE PRODUÇÃO CONTÍNUA DE CARVÃO VEGETAL EM FORNOS CONTAINERS COM IGNIÇÃO POR MÚLTIPLOS PONTOS NO FORNO

5 O presente resumo diz respeito a uma patente de invenção de processo de produção de carvão vegetal a partir da biomassa, lenha, galhada, capim etc., em fornos containers. Estes fornos podem estar ou não acoplados a uma ou mais fornalhas. Quando acoplados, os gases combustíveis gerados na carbonização são conduzidos por um sistema de exaustão até a(s) fornalha(s),
10 onde ocorre a combustão destes com geração de gases quentes. Os gases quentes gerados na(s) fornalha(s) podem ser reutilizados no próprio processo de carbonização, seja para pré-secagem, secagem, pré-carbonização e/ou carbonização de outro ou outros fornos containers; ou ainda, podem ser utilizados em um segundo processo, como na geração de vapor, secagem de outros produtos,
15 etc. Quando não acoplados às fornalhas, os gases combustíveis gerados na carbonização podem ser retornados ao próprio processo de carbonização para fornecimento de energia para a etapa endotérmica do processo. O forno container contará com a presença de aberturas, que localizados na base e lateral, topo e lateral, base e topo, ou base, topo e lateral do forno para a entrada de ar em seu
20 interior, procedimento necessário para dar ignição ou iniciar o processo de carbonização sem a utilização de câmara de combustão externa. Os fornos containers podem ser operados de forma semi-contínua ou contínua, pela intercalação ou permutação entre as sucessivas etapas do processo, sejam elas, carregamento, carbonização, resfriamento, descarregamento. Este sistema
25 possibilita, a partir de um controle da entrada de ar no forno e da exaustão dos gases do mesmo, a recuperação de praticamente toda a energia contida na biomassa original, a produção de um carvão de maior qualidade, e uma maior produtividade de carvão.