



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

(21) **PI0804554-2 A2**

(22) Data de Depósito: 24/10/2008
(43) Data da Publicação: 20/07/2010
(RPI 2063)



* B R P I 0 8 0 4 5 5 4 A 2 *

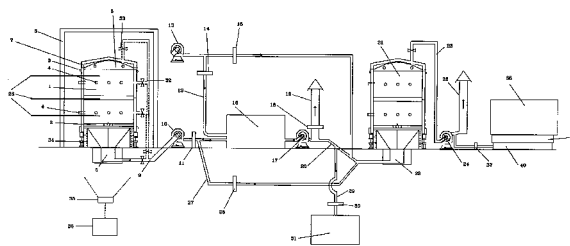
(51) *Int.Cl.:*
C10L 5/44
C10B 53/02

(54) Título: **PROCESSO E EQUIPAMENTO AUTOMATIZADO DE PRODUÇÃO DE CARVÃO VEGETAL, COM MONITORAMENTO CONTÍNUO DE PESO E TEMPERATURA**

(73) Titular(es): Rima Agropecuária e Serviços Ltda

(72) Inventor(es): Ricardo Antônio Vicintin

(57) **Resumo:** O objeto da presente Patente de Invenção consiste em uma tecnologia de produção automatizada de carvão vegetal, representada por um processo e seus respectivos equipamentos, baseados em fornos metálicos, sendo que o conjunto permite operação contínua ou em batelada, com ou sem aproveitamento dos gases combustíveis gerados no processo de carbonização. Os gases combustíveis, gerados pelo processo de carbonização de biomassa, podem ser encaminhados para queima em uma fornalha acoplada ao forno metálico, na qual ocorre a combustão dos mesmos, gerando gases quentes, com temperaturas superiores a 800°C. Estes gases quentes podem ser utilizados nas várias fases do processo de carbonização, como pré-secagem, secagem, pré-carbonização e/ou carbonização de biomassa, ou em um segundo processo térmico, como na secagem de produtos orgânicos ou inorgânicos, na geração de vapor, operações de aquecimento, troca térmica, processos metalúrgicos, etc. A presente Patente de Invenção - "PROCESSO E EQUIPAMENTO AUTOMATIZADO DE PRODUÇÃO DE CARVÃO VEGETAL, COM MONITORAMENTO CONTÍNUO DE PESO E TEMPERATURA", é solução para os cinco problemas cruciais e inseparáveis do processo de carbonização executado em fornos convencionais de alvenaria, porque possibilita: 1 - operação mecanizada com controle e automação do processo; 2 - recuperação de praticamente 100% da energia contida na madeira enquanto viva ou verde, 3 - maior qualidade no produto - carvão vegetal - uma vez que o processo pode ser controlado de forma automatizada e contínua, 4 - produção de forma contínua pela alternância das etapas do processo de forma seqüencial e com tempos determinados, 5 - maior produtividade de carvão, isto em maior produção de carvão, em menor tempo, pelo mesmo equipamento, pela redução dos tempos de cada etapa do processo.





“PROCESSO E EQUIPAMENTO AUTOMATIZADO DE PRODUÇÃO DE CARVÃO VEGETAL, COM MONITORAMENTO CONTÍNUO DE PESO E TEMPERATURA”.

Campos desta Patente.

5 Carbonização de biomassa.

Automação em carbonização de biomassa.

Qualidade e padronização em produção de carvão de biomassa.

Economia em carbonização de biomassa.

Proteção ambiental em produção de carvão de biomassa.

10 Higiene do Trabalho em produção de carvão de biomassa.

Benefícios técnicos, econômicos e sociais do objeto desta Patente.

O objeto da presente Patente de Invenção consiste em uma tecnologia de produção automatizada de carvão vegetal, representada por um processo e seus respectivos equipamentos, baseados em fornos metálicos, sendo que o conjunto permite operação contínua ou em batelada, com ou sem aproveitamento dos gases combustíveis gerados no processo de carbonização.

Os gases combustíveis, gerados pelo processo de carbonização de biomassa, podem ser encaminhados para queima em uma fornalha acoplada ao forno metálico, na qual ocorre a combustão dos mesmos, gerando gases quentes, com temperaturas superiores a 800°C.

Estes gases quentes podem ser utilizados nas várias fases do processo de carbonização, como pré-secagem, secagem, pré-carbonização e/ou carbonização de biomassa, ou em um segundo processo térmico, como na secagem de produtos orgânicos ou inorgânicos, na geração de vapor, operações de aquecimento, troca térmica, processos metalúrgicos, etc.

É de grande valor econômico e técnico o fato de que o objeto desta Patente permite utilizar - no próprio processo de carbonização - os gases combustíveis gerados no processo de carbonização, ou seja, utilizar a energia térmica oriunda da combustão de tais gases para processar a carbonização durante

sua etapa endotérmica, com grandes vantagens técnicas, econômicas e de proteção ambiental.

Estado da técnica.

5 Anualmente, mais de dez milhões de toneladas de carvão são produzidas e consumidas no Brasil e, desse total, aproximadamente 60% são produzidos com madeira de eucalipto proveniente de reflorestamento. Cerca de 70% das carvoarias industriais 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 seja feito um controle das propriedades do carvão produzido, uma vez que tal controle é feito apenas visualmente pelos operários, que controlam a carbonização tendo como parâmetro a coloração, dos efluentes em estado gasoso e ou de vapor, isto é, das fumaças que são liberadas diretamente para o meio ambiente.

10 15 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, que possuem poder calorífico relativamente alto, isto é, na carbonização propriamente dita, que é uma etapa exotérmica.

20 25 A biomassa - que para o caso deste Relatório de Patente se referirá, por simplicidade de descrição apenas à lenha – apresenta, logo após o corte, 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 eliminação de toda a água livre, ou umidade da lenha, a madeira passa a ter em média a seguinte composição, em peso: 35% de licor pirolenhoso, 33% que será transformado em carvão, 25% de gases não condensáveis e 7% de alcatrão insolúvel.

30 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.

- 5 Parte das fumaças originadas do leito de pirólise ou carbonização da biomassa pode ser condensada, originando o 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.
- 10

Mais de 400 compostos foram identificados no alcatrão da madeira e, alguns deles, tais como os hidrocarbonetos poliaromáticos podem causar forte impacto ambiental e à saúde ocupacional.

- Em média, a composição química dos gases é a seguinte: 32% CO₂, 19%CO, 5% CH₄, 1% H₂, - que, juntos formam a fração não condensável – e, 4% metanol, 11% ácido acético e 27% de alcatrão, que correspondem à fração condensável. Destes compostos, com exceção do dióxido de carbono, todos os demais são combustíveis e apresentam poder calorífico entre 1.000 a 5.000 kcal/Nm³.
- 15

- 20 O lançamento na atmosfera destes compostos combustíveis, ou o seu não aproveitamento por qualquer forma, corresponde em média, à não recuperação de energia da ordem de 1Gcal por tonelada de madeira.

Esta energia representa mais de 40% de toda a energia contida na madeira significando, portanto, um desperdício energético de igual ordem de grandeza.

- 25 Embora, como já dissemos acima, a maior parte do carvoejamento exercido no Brasil lança na atmosfera as frações voláteis do processo, mas é sabido, há muito tempo, que a utilização desses gases e vapores combustíveis provenientes da carbonização como fonte de energia para processos secundários apresenta as seguintes vantagens operacionais, ambientais e de
- 30 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 CH₄, gás metano, dos gases gerados, com enormes ganhos ambientais, uma vez que o metano, apresenta efeito estufa vinte e uma vezes superior ao dióxido de carbono, CO₂,
- 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),
- 10 - 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,
- 15 - 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,
- 20 - aproveitamento ou recuperação da energia contida na lenha, na forma de gases condensáveis e não condensáveis,

Além da perda energética, outra perda importante e significativa consiste no baixo rendimento gravimétrico obtido nos fornos tradicionais de alvenaria. Nestes fornos, o processo de carbonização ocorre com um único controle, sendo este controle somente visual. Ou seja, o processo se inicia após ignição promovida pelo carbonizador e em seguida progride por si só, sofrendo nova intervenção somente ao final do processo, quando o carbonizador percebe ou define pela coloração da fumaça que o processo está concluído.

Este controle visual está sujeito a inúmeras falhas como:

- variação individual da qualidade visual,
 - parecer subjetivo sem possibilidade de quantificação,
 - impossibilidade de avaliação percentual ou numérica do operador e de sua ferramenta de trabalho,
- 5 - interferência da avaliação pela radiação solar do dia e/ou do período em observação, ou mesmo pelas condições climáticas,
- processo de difícil sistematização,

A operação de fornos convencionais de carbonização de biomassa por controle visual e subjetivo interfere de forma significativa na eficiência do processo, cujos resultados gravimétricos de rendimento - peso de carvão seco por 10 toneladas de lenha seca – é da ordem de apenas da 25%, isto é, obtém-se, por este tipo de processo, apenas uma tonelada de carvão seco para cada quatro toneladas de lenha seca.

Este é o Estado da Técnica exercido na prática de carvoejamento: - rendimento 15 de apenas uma tonelada de carvão seco para cada quatro toneladas de madeira seca, lançamento na atmosfera dos vapores e gases combustíveis com perda de 1 Gcal por tonelada de madeira carbonizada.

Avanços no Estado da Técnica trazidos pelo objeto desta Patente.

Esses valores, acima apresentados como Estado da Técnica, representam 20 uma perda em torno de 32% de lenha, isto é, para cada tonelada de carvão produzido nos fornos tradicionais de alvenaria, consomem-se quatro toneladas de lenha e, com os fornos, objeto desta Patente – que doravante denominaremos, para facilidade textual simplesmente como “Fornos Containers”, que são metálicos e não de alvenaria, para cada tonelada de 25 carvão produzido consome-se apenas três toneladas de lenha.

Vê-se, então, que o rendimento gravimétrico dos “Fornos Containers”, gira em torno de 33%, isto é, consegue-se obter uma tonelada de carvão vegetal seco para cada três toneladas de lenha seca, ou seja, os “Fornos Containers” são, pelo menos, 33,3% mais eficientes que os fornos convencionais.

A este elevado rendimento gravimétrico atingido pelos “Fornos Containers”, somam-se as elevadas produtividade e qualidade que serão descritas oportunamente, que se devem, fundamentalmente, à possibilidade de que neles, o processo de carbonização de biomassa pode ser executado de forma controlada e automatizada.

Além destas significativas vantagens econômicas de produtividade e economia de energia e insumos, os “Fornos Containers” são ecologicamente corretos, em todas as fases técnicas, sociais e econômicas do uso de biomassa.

Descrição e funcionamento do “PROCESSO E EQUIPAMENTO AUTOMATIZADO DE PRODUÇÃO DE CARVÃO VEGETAL, COM MONITORAMENTO CONTÍNUO DE PESO E TEMPERATURA”, objeto desta Patente.

A presente Patente de Invenção - “PROCESSO E EQUIPAMENTO AUTOMATIZADO DE PRODUÇÃO DE CARVÃO VEGETAL, COM MONITORAMENTO CONTÍNUO DE PESO E TEMPERATURA”, doravante também referido apenas como “Fornos Containers”, para simplicidade do texto - é solução para os cinco problemas cruciais e inseparáveis do processo de carbonização executado em fornos convencionais de alvenaria, porque possibilita:

- 1 - operação mecanizada com controle e automação do processo;
- 2 - recuperação de praticamente 100% da energia contida na madeira enquanto viva ou verde,
- 3 - maior qualidade no produto - carvão vegetal - uma vez que o processo pode ser controlado de forma automatizada e contínua,
- 4 - produção de forma contínua pela alternância das etapas do processo de forma seqüencial e com tempos determinados,
- 5 - maior produtividade de carvão, isto em maior produção de carvão, em menor tempo, pelo mesmo equipamento, pela redução dos tempos de cada etapa do processo.

Com o emprego do "PROCESSO E EQUIPAMENTO AUTOMATIZADO DE PRODUÇÃO DE CARVÃO VEGETAL, COM MONITORAMENTO CONTÍNUO DE PESO E TEMPERATURA", objeto desta Patente, a carbonização da madeira pode ser executada de forma contínua ou semi-contínua, em tempo
5 bastante reduzido em relação ao processo convencional em fornos de alvenaria, cujo período de carbonização compreende em média de 10 a 15 dias.

O processo de carbonização nos "Fornos Containers", objeto desta Patente, semi-contínuo ou contínuo, permite grande redução no tempo do ciclo e
10 consiste, dentre outros aspectos técnicos, significativos, descritos a seguir, em se carbonizar a madeira sob leve pressão negativa, obtida pela sucção - exercida por um exaustor - dos gases e vapores gerados durante o processo.

A operação do processo de carbonização em condições de baixa pressão conduz à formação de um fluxo gasoso, responsável pelo arraste dos gases e
15 vapores gerados, com aumento da velocidade de saída dos mesmos. Dessa forma, o ciclo total de carbonização passa a ter um período de duração inferior a 24 horas, tendo a etapa de carbonização um tempo inferior a 8 horas.

A carbonização contínua ocorre em ciclos, ou repetições dos 5 estágios, que ocorrem de forma simultânea, a partir da seguinte seqüência:

- 20 1 – carregamento,
2 – pré-secagem, secagem, torrefação ou pré-carbonização,
3 - carbonização,
4 - resfriamento,
5 – descarregamento.

25 O tempo máximo de cada etapa é de 8 horas, o que permite a condução de 3 ciclos diários, para cada conjunto de 4 fornos. Para biomassas consistentes de 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.

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

Na seqüência anteriormente descrita, existe sempre uma bateria de fornos sendo carregados com biomassa e, na seqüência, existe sempre outra bateria
15 de fornos em processo de resfriamento para posterior descarregamento.

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

A energia contida nos gases provenientes do processo de carbonização de 1 tonelada de lenha com umidade em torno de 20%, é suficiente para secar esta umidade e ainda ter um excedente de energia, em torno de 70% da energia
25 inicial.

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.

Os “Fornos Containers” podem ser construídos em várias dimensões e formatos, com seções horizontais retangulares, quadradas, circulares ou quaisquer outras.

5 Para que o processo de carbonização de biomassa se desenvolva de forma mecanizada e automatizada, os “Fornos Containers” dispõem de aberturas ou furos laterais em suas superfícies, os quais podem também, estar presentes em seus topos ou bases, aberturas estas que se destinam a permitir a entrada de ar de processo.

10 Tais aberturas, ou furos, possuem diâmetros que podem se alterar conforme necessidade e dimensões do projeto.

Além da possibilidade da variação dos seus diâmetros, a quantidade de furos, ou aberturas, por metro quadrado da área superficial dos “Fornos Containers” pode variar também em função da especificidade de cada projeto e/ou produto, em termos de percentual de carbono fixo, que se deseja obter.

15 Estes furos podem se conectar através de camisa externa de distribuição de gases, como à frente será explicado - o que se constitui em notável avanço no Estado da Técnica - ou diretamente a válvulas de controle de entrada de ar de processo, que poderão ser de diversos tipos, tais como válvulas de esfera, por exemplo, cujos fechamentos ou aberturas podem ser executados por sistemas
20 pneumáticos de movimentação, a elas ligados, os quais são comandados por software específico residente em PLC's ou quaisquer outros equipamentos informáticos.

Além destas válvulas, os “Fornos Containers” dispõem de um sistema de monitoramento contínuo de peso, como por exemplo, célula de carga ou
25 balança pendular.

Os “Fornos Containers” também dispõem de um sistema de medição de temperaturas, por termopares tipo K, termopares de contato, sensores infravermelhos ou quaisquer outros.

Assim, em função da presença de válvulas destinadas a controlar a entrada de
30 ar de processo e a operação das mesmas por mecanismos pneumáticos, da

- existência de elementos sensores de temperatura adequadamente localizados e de centrais de comando programáveis, representadas por PLC's ou outros equipamentos informáticos adequados, a operação mecanizada e automatizada de um "Forno Container" será a seguinte: - em função das
- 5 temperaturas medidas em pontos específicos do interior e/ou da superfície do forno e da perda de peso da carga de biomassa que está sendo carbonizada, o software específico traça a curva de "perda de peso em função do tempo", perda de peso esta que é decorrente da volatilização dos gases da lenha ao se transformar em carvão.
- 10 Em função da curva traçada e comparação desta com a curva padrão de "perda de peso por tempo", o software específico do sistema indica se o processo se encontra de acordo com o padrão ou quanto está defasado com o mesmo, em adiantamento ou atraso.
- Ao detectar defasagens entre uma curva de carbonização em marcha e a curva
- 15 padrão escolhida, o software específico atua ou informando ao operador, por meios visuais, alarmes sonoros etc em quais regiões do "Forno Container" a lenha ainda não atingiu a temperatura de carbonização e/ou qual ou quais regiões do mesmo a lenha ultrapassou a temperatura limite de carbonização, indicando a operação manual que o operador deverá exercer.
- 20 Tais atuações também podem ser exercidas automaticamente pelo software específico agindo diretamente através de mecanismos atuadores de automação sobre as válvulas de forma a abri-las, se o processo se encontra atrasado, ou fechá-las, se o processo se encontra adiantado.
- O software específico permite não só atuações dicotômicas do tipo "abre ou
- 25 fecha totalmente as válvulas" – atuação "on-off" - mas permite, também, a abertura ou fechamento das válvulas de forma gradativa, com ajustes ultra-finos, para a obtenção de alto grau de controle do processo.
- Os "Fornos Containers", diferentemente dos fornos convencionais, que são
- 30 construídos em alvenaria, são metálicos, podendo ser construídos em aço carbono, ligas de aço carbono, ferro fundido, aço inoxidável ou qualquer outro material que apresente as necessárias resistências térmica e mecânica,

capazes de permitir que os mesmos sejam de forma cilíndrica, poliédrica, ou em qualquer outra configuração que possibilite a acomodação da lenha.

Os “Fornos Containers” podem ser, ou não, revestidos por camisa isolante de alvenaria e podem ser colocados em posição aérea ou subterrânea, para o caso de se querer conservar parte do calor gerado no processo e que se irradia para atmosfera, a partir de sua superfície metálica; naturalmente, ao se evitar a perda de calor, há ganhos de energia térmica que se mantém no processo, o que implica em maior rapidez da elevação das temperaturas de processo e, também, em ganhos de produtividade.

10 Com esse objetivo, os “Fornos Containers” podem ainda ser revestidos por manta isolante ou material refratário.

Como é inerente ao processo de carbonização de biomassa, o início do processo exige fonte de calor externa ou ignição de combustíveis adicionados à massa que será carbonizada, ou ambos simultaneamente, recursos estes que serão responsáveis 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.

O topo do “Forno Container” é constituído por um “telhado” de chapa de aço, geralmente em formato cônico, podendo ser de qualquer outra forma, telhado este que possui furos para entrada controlada de ar no interior do mesmo e possui uma abertura para introdução de resíduos florestais e/ou biomassa para a ignição inicial do processo de carbonização. É por esta abertura que são introduzidos gravetos, acículas, resíduos florestais, ou quaisquer biomassas que se comportem como combustíveis sólidos que possam ser incendiados rapidamente, para se iniciar a ignição da carga de biomassa que será carbonizada.

O “Forno Container”, para melhor controle da entrada de ar de processo, 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 e em uma ou mais posições no sentido horizontal. O início do

processo, ou ignição, também poderá ocorrer a partir destas aberturas; por elas, deverá ocorrer admissão de ar atmosférico para alimentação de oxigênio de processo e manutenção da frente de ignição, necessária para a condução do processo de carbonização. Tais aberturas exercem função similar às

5 “baianas” e “tatus” dos fornos tradicionais de alvenaria.

Estas aberturas dispõem de dispositivos, tais como válvulas de controle, ou quaisquer outros mecanismos destinados a fechá-las à medida que se inicie a ignição da carga e se estabeleça a cinética do processo de carbonização.

Assim, na medida em que o processo - ou linha de carbonização - vai se deslocando de cima para baixo ao longo do “Forno Container”, estas aberturas, para entrada controlada de ar do processo inicial de ignição, vão sendo fechadas manual e/ou automaticamente.

10

Dessa forma, a seqüência do processo é a seguinte: a ignição pode se iniciar na região superior, inferior e/ou lateral do forno, sendo controlada a entrada de ar de processo. 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 carbonização na base do forno, pela entrada controlada de ar. Após isto, são vedadas as últimas aberturas de entrada de ar de processo. O forno pode ser subdividido em quantas regiões, zonas ou camadas que forem necessárias, ou adequadas ao processo, em função do tamanho do forno e *layout* do sistema.

15

20

Além das aberturas laterais, pode-se ainda contar com tubos internos, transversais ao forno, como prolongamentos dos furos laterais, por onde entra o ar de processo. Estes tubos podem possuir comprimento variável, desde 1% até 100% do diâmetro do forno, deverão possuir furos em sua superfície e deverão estar posicionados, preferencialmente, no sentido horizontal, podendo estar ancorados internamente para evitar empeno e/ou deformação. Os furos

25

30

em sua superfície poderão variar em tamanho e em quantidade, conforme necessidade do projeto.

A função de tais tubos – que consistem em importante inovação apresentada pelo objeto desta Patente – é fazer chegar o ar de processo às partes mais interiores da biomassa em carbonização, o que é impossível de ser feito, uma vez que os furos de entrada de ar de processo, que estão na superfície das paredes dos fornos, lançam o ar apenas nesta região e não diretamente no interior da carga de biomassa a ser carbonizada.

Até agora, descrevemos, de forma geral, simultaneamente, tanto o processo, quanto os equipamentos e suas partes inovadoras que possibilitam tal processo.

Antes de passarmos, como será feito a seguir, para as ilustrações e descrição detalhada do equipamento e de suas partes, faremos um resumo do resultado funcional dos “Fornos Containers” de forma que, ao serem analisadas as figuras e a descrição de funcionamento, fique claro porque o objeto desta Patente é capaz de realizar os notáveis avanços no Estado da Técnica anteriormente apontados, e que podem ser resumidos em:

1° - aumento superior a 30% no rendimento gravimétrico e de, pelo menos, 10 vezes superior na produtividade, (kg/h de carvão vegetal), quando comparados com fornos de alvenaria, com as conseqüentes economias de madeira, energia e proteção ambiental pelo não lançamento na atmosfera de efluentes gasosos ou em estado de vapor;

2° - aumento da produtividade dos fornos operando individualmente, ou formando conjuntos ou baterias de fornos, pela grande diminuição do tempo de processo, de 10 a 15 dias, dos fornos convencionais, para cerca de 24 horas, entre a carga de biomassa e a descarga de carvão vegetal, neste processo de carbonização em “Fornos Containers”,

3° - obtenção de qualidade e manutenção de padronização do carvão produzido em função da operação mecanizada e automatizada dos fornos, com o uso de recursos informáticos que garantem controle absoluto do processo,

ajudado pelo controle absoluto da entrada de ar de processo de carbonização e acesso deste a todos os pontos do interior dos fornos.

Descrição do equipamento concernente ao objeto desta Patente
“PROCESSO E EQUIPAMENTO AUTOMATIZADO DE PRODUÇÃO DE
5 CARVÃO VEGETAL, COM MONITORAMENTO CONTÍNUO DE PESO E
TEMPERATURA”.

A Figura 1 é uma vista em corte lateral dos equipamentos concernentes ao
objeto desta Patente – “PROCESSO E EQUIPAMENTO AUTOMATIZADO DE
PRODUÇÃO DE CARVÃO VEGETAL, COM MONITORAMENTO CONTÍNUO
10 DE PESO E TEMPERATURA” - representados pelo denominado “Forno
Container” durante o desenvolvimento deste Relatório; nela se vê:

- Forno Container (1);
- Tampa da base (2) do Forno Container (1);
- Alça para transporte (3) do Forno Container (1);
- 15 ▪ Furos para admissão do ar atmosférico (4) para o interior do Forno
Container (1), que podem ser situados em qualquer ponto da
superfície do Forno Container (1);
- Tubulação de saída dos gases gerados pela carbonização da lenha
(5);
- 20 ▪ Tampa superior (6) do Forno Container (1);
- Camisa para distribuição do fluxo de gases (7);
- Camisa de alvenaria para isolamento térmico (8);
- Tubulação de saída dos gases da carbonização (9);
- Exaustor para sucção dos gases da carbonização (10);
- 25 ▪ Dispositivo regulador de entrada dos gases da carbonização (11)
para a câmara de queima (11); Tubulação de entrada de ar
secundário de combustão (12) para a câmara de queima (16);
- Ventilador para injeção de ar secundário de combustão (13) para a
câmara de queima (16);
- 30 ▪ Dispositivo para regulagem da vazão de ar secundário de
combustão (14) para a câmara de queima (16);

- Dispositivo para regulagem da vazão de ar (15) para o forno de secagem, pré-secagem ou carbonização secundária (21);
- Câmara de queima (16);
- Exaustor para sucção dos gases (17) câmara de combustão (16);
- 5 ▪ Dispositivo para controle da saída dos gases (18) da câmara de queima (16);
- Chaminé para saída dos gases (19) da câmara de queima (16);
- Tubulação para passagem dos gases (20) da câmara de queima (16) para o forno de pré-secagem, secagem ou de carbonização secundária (21) e/ou qualquer outro processo térmico;
- 10 ▪ Forno de secagem, pré-secagem ou de carbonização secundária (21);
- Câmara de entrada dos gases (22), provenientes da câmara de queima (16), no forno de pré-secagem, secagem ou de carbonização secundária (21);
- 15 ▪ Tubulação de saída dos gases após pré-secagem, torrefação e/ou pré-carbonização da lenha (23);
- Exaustor para sucção dos gases (24) do forno de pré-secagem, secagem ou de carbonização secundária (21);
- 20 ▪ Chaminé para saída dos gases do processo (25) do forno de secagem, pré-secagem ou de carbonização secundária (21);
- Termopares (26);
- Tubulação para passagem dos gases gerados na carbonização (27) do Forno Container (1) para promoverem a pré-secagem, secagem, torrefação e/ou carbonização no forno de pré-secagem, secagem ou de carbonização secundária (21);
- 25 ▪ Dispositivo para regulagem da vazão dos gases (28) na tubulação para passagem dos gases gerados na carbonização (27);
- Tubulação para passagem dos gases quentes (29) gerados na câmara de queima (16) para fornecimento de energia para um
- 30 segundo processo térmico;

- Dispositivo para regulagem da vazão de gases quentes (30) para um segundo processo;
- Dispositivo térmico (31), que utiliza os gases quentes gerados na câmara de queima (16) para quaisquer outros processos térmicos que não a carbonização;
- 5 ▪ Sistema de exaustão (32) dos gases gerados no interior do Forno Container (1);
- Válvulas de controle da sucção de gases (33) gerados no interior do Forno Container (1);
- 10 ▪ Sistema de pesagem contínua (34) do Forno Container (1);
- Sistema de mapeamento contínuo da temperatura superficial e interna (35) de toda a extensão do Forno Container (1);
- 15 ▪ Sistema de automação informatizado (36), para abertura e fechamento das válvulas de admissão de ar para o interior do Forno Container (1) e sistema integrado de monitoramento, controle e atuação no processo, por meio de software, com entradas de peso, temperatura e comandos de saída de abertura e fechamento de válvulas e/ou alerta ao operador.
- 20 ▪ Dispositivo para regulagem da vazão de gases oriundos da secagem, torrefação e/ou pré-carbonização (37) para a caixa de pré-secagem (38) e/ou para chaminé (25);
- Caixa de pré-secagem (38);
- Grelha (39), disposta na parte inferior da caixa de pré-secagem (38);
- 25 ▪ Túnel condutor (40) do fluxo dos gases quentes provenientes da secagem, torrefação e/ou pré-carbonização em direção à grelha (39) para a pré-secagem da lenha.

Descrição das operações e do Processo do objeto desta Patente

30 "PROCESSO E EQUIPAMENTO AUTOMATIZADO DE PRODUÇÃO DE CARVÃO VEGETAL, COM MONITORAMENTO CONTÍNUO DE PESO E TEMPERATURA".

- A lenha é colocada dentro do Forno Container (1), que depois de fechado pode ser inserido dentro de Camisa de alvenaria para isolamento térmico (8) para reduzir as perdas térmicas e possui tampa superior (6) metálica, e toda a sua superfície externa, superior, lateral e/ou inferior, pode ou não apresentar um revestimento para isolamento térmico.
- O ar de processo pode ser admitido pela base, pelo topo, ou laterais do Forno Container (1) podendo ser simplesmente ar atmosférico ou ar enriquecido, ou não com Oxigênio sendo que a admissão de ar pode ser controlada por um sistema de válvulas, portas ou qualquer outro tipo de obstrução ao fluxo gasoso. Durante o processo de ignição inicial do Forno Container (1), a entrada de ar no forno é regulada pelos furos para admissão do ar atmosférico (4) para o interior do Forno Container (1), que podem ser situados em qualquer ponto da superfície do Forno Container (1), podendo-se usar um ou mais destes furos para admissão do ar atmosférico aberturas, nas regiões em que se pretende iniciar o processo.
- O *start up* pode, então, ser realizado em qualquer das regiões do Forno Container (1), ou seja, pela base, topo e/ou laterais, geralmente sendo esta decisão tomada em função de vários fatores, como formato e dimensão do mesmo, tipo de biomassa, forma de empacotamento de lenha, entre outros.
- A tampa da base (2) do Forno Container consiste em uma tampa perfurada, com furos cujos diâmetros variam conforme o diâmetro da lenha e/ou dimensões da biomassa a ser carbonizada e cuja função é permitir o escoamento do fluxo de gás e evitar a passagem de pedaços de lenha ou biomassa pela mesma; é pelos furos da tampa da base (2) que são conduzidos os gases oriundos da carbonização, gases estes que são succionados pelos dispositivos que formam um sistema de exaustão, cujos componentes são a tubulação de saída dos gases gerados pela carbonização da lenha (5), tubulação de saída dos gases da carbonização (9) e exaustor para sucção dos gases da carbonização (10).
- Os vários componentes tubulares deste sistema de exaustão poderão ser conectados ao Forno Container (1) pela base, topo e/ou laterais, de forma que

o processo de carbonização será executado com absoluto controle quanto à circulação de gases no interior do Forno Container (1), pois a sucção dos gases pode ocorrer pelas mais diversas combinações de aberturas para saída dos gases oriundos da carbonização, sendo que, desta forma, otimiza-se o controle e a produtividade da carbonização, controlando os pontos de sucção dos gases provenientes da carbonização.

Constitui-se inovadora parte do processo de carbonização em Forno Container objeto desta Patente o fato de que os gases da carbonização, logo que são gerados são succionados pelo sistema de exaustão e este controle permite que o fluxo de gases seja conduzido ou direcionado na proporção e localização em que é gerado ao longo do tempo do processo, evitando-se o acúmulo de gases e/ou concentração dos mesmos, otimizando assim a cinética e homogeneização do processo.

O Forno Container (1), equipamento da Patente de **“PROCESSO E EQUIPAMENTO AUTOMATIZADO DE PRODUÇÃO DE CARVÃO VEGETAL, COM MONITORAMENTO CONTÍNUO DE PESO E TEMPERATURA”** possui sistema de automação informatizado (36), composto por termopares (26), válvulas de controle da sucção de gases (33), gerados no interior do Forno Container (1), sistema de pesagem contínua (34) do Forno Container (1), sistema de mapeamento contínuo da temperatura superficial e interna (35) de toda a extensão do Forno Container (1), abertura e fechamento das válvulas de admissão de ar para o interior do Forno Container (1) e sistema integrado de monitoramento, controle e atuação no processo, por meio de software específico, residente em PLC's ou quaisquer recursos informáticos adequados, com entradas de peso, temperatura e comandos de saída de abertura e fechamento de válvulas e/ou alertas visuais ou sonoros aos operadores, de forma que as diferentes fases de decomposição térmica da lenha podem ser acompanhadas e ajustadas pelo sistema com ou sem atuação do operador, referido a padrões técnico-científicos, superando com inúmeras vantagens o uso de critérios subjetivos de observação de fumaças típico do processo em fornos convencionais de alvenaria.

Andamento do “PROCESSO E EQUIPAMENTO AUTOMATIZADO DE PRODUÇÃO DE CARVÃO VEGETAL, COM MONITORAMENTO CONTÍNUO DE PESO E TEMPERATURA” na operação do Forno Container (1) objeto desta Patente.

- 5 Após a lenha ter sido introduzida no interior do Forno Container (1), manualmente ou por recursos mecânicos como guias, a tampa (2) do Forno Container (1) é fechada e mantida presa ao mesmo.

O forno é então içado pela alça para transporte (3) e é introduzido, após a pré-secagem, secagem e/ou torrefação, a um suporte, posicionado sobre o poço de carbonização e a ignição inicial pode ser realizada pelas aberturas laterais (4) e/ou pelas aberturas no topo do forno (6).

Para realizar a ignição inicial são queimados resíduos florestais 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.

Os gases quentes gerados a partir do processo de ignição atingem o interior e topo do Forno Container (1) e trocam calor com a carga de biomassa promovendo sua decomposição térmica.

O processo de ignição inicial é mantido até que se forme a frente de ignição no interior do leito de biomassa, que pode ser visualizada pelos furos para admissão do ar atmosférico (4), a partir daí, as entradas de ar atmosférico no interior do forno metálico vão sendo fechadas em seqüência de forma a proporcionar um fluxo de carbonização descendente, sendo que o fechamento destes furos para admissão do ar atmosférico (4) pode ocorrer de forma automática e/ou manual.

O vapor d'água, a fumaça e os gases gerados no leito de carbonização são succionados pelo exaustor para sucção dos gases da carbonização (10) fazendo com que o sistema de exaustão (32) dos gases gerados no interior do Forno Container (1) possa estar funcionalmente conectado à base, topo e/ou laterais do Forno Container (1).

A sucção dos gases poderá ocorrer pela base ou toda a superfície do forno, ou seja, topo e parede lateral; este processo é possível devido à presença da camisa para distribuição do fluxo de gases (7) 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 Forno Container (1): aberturas que conectam o interior do mesmo com a camisa para distribuição do fluxo de gases (7) e aberturas que ultrapassam a camisa para distribuição do fluxo de gases (7), conectando o interior do Forno Container (1) com o meio externo. O Forno Container (1) poderá ser dividido em quantas regiões quanto 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 processo poderá ainda operar sem esta camisa para distribuição do fluxo de gases (7) de forma que a entrada de ar possa ocorrer diretamente pelos furos no interior do forno, sem que haja esta distribuição dos gases.

O controle e sentido do fluxo de gás deverá ser controlado pelas válvulas de controle da sucção de gases (33) gerados no interior do Forno Container (1); sendo que esta disposição possibilita, ao mesmo tempo, a entrada de ar controlada para o interior do forno e sucção dos gases a partir de qualquer região do forno.

O controle e sentido do fluxo dos gases poderão, também, ser controlados pela abertura e fechamento das válvulas, que poderão estar instaladas na parede interna do forno sem a presença da camisa para distribuição do fluxo de gases (7).

O processo de carbonização é monitorado por meio de manômetros e termopares (26) estrategicamente colocados no interior do forno, de forma que, quando a carbonização termina, boa parte do volume de lenha 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 é novamente içado e deslocado 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 forno, pela pulverização de água no interior do forno, absorção de calor e vaporização da água, ou ainda pelo fluxo dos gases contidos no interior do forno por um trocador de calor sem contato.

Cada unidade de carbonização poderá trabalhar com um ou mais Fornos Containers (1).

A logística funciona da maneira descrita a seguir: - o caminhão de lenha descarrega a mesma no pátio e oportunamente é introduzida manualmente, ou por meio de uma grua, na caixa de pré-secagem (38). A pré-secagem ocorre pela passagem dos gases quentes, provenientes do forno de secagem, pré-secagem ou de carbonização secundária (21) sendo que tais gases possuem temperatura inferior a 200°C.

O processo de pré-secagem pode durar de 10 a 50 horas, em média. A caixa de pré-secagem (38) consiste em uma estrutura de paredes de alvenaria, apoiada sobre o piso, tendo na base uma grelha (39), feita de chapa de aço. Esta grelha (39) se encontra apoiada sobre o túnel condutor (40) do fluxo dos gases quentes provenientes da secagem, torrefação e/ou pré-carbonização em direção à grelha (39) para a pré-secagem da lenha.

A pré-secagem, poderá ser feita na caixa de pré-secagem (38) com grelha (39) e fluxo de gases quentes ou poderá ocorrer de forma natural, exposta às intempéries. A pré-secagem é um processo térmico que consiste na remoção de grande parte da água livre, presente na lenha e/ou biomassa; a pré-secagem se dá pela redução no teor de umidade inicial da lenha, em torno de 50% a 60%, para um teor inferior a 20%.

Após a pré-secagem, a lenha e/ou biomassa, com teor de umidade em torno de 10% a 20% deverá ser transportada, manual ou mecanicamente, para carregamento do forno de secagem, pré-secagem ou de carbonização secundária (21).

Nesta etapa operacional o Forno Container (1) está tombado e apoiado sob um cavalete. Após a introdução da lenha no interior do mesmo, 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 enforada. Inicia-se então a secagem e/ou torrefação da lenha.

- 5 A secagem e/ou torrefação, consiste em remover a umidade residual ainda contida na lenha e se conveniente ainda retirar uma parte dos compostos voláteis presentes.

A secagem e/ou torrefação é promovida pela injeção do gás oriundo da câmara de queima (16), cuja temperatura pode ser superior a 200°C.

- 10 Após a secagem e/ou torrefação, o Forno Container (1), contendo a lenha seca e/ou pré-carbonizada, deve ser transportado ou deslocado por meio de um pórtico e/ou ponte rolante, até a posição de carbonização. No poço de carbonização, o forno é acoplado à câmara de combustão (16) por meio da tubulação (5). A câmara de combustão (16) pode ser utilizada como câmara de
15 ignição ou como câmara para apoio ou contenção do sistema de exaustão.

- Após ajuste do forno sobre o sistema de pesagem contínua (34), inicia-se o processo de carbonização. A ignição poderá ocorrer na câmara de combustão (16) e/ou pelo topo e/ou pela lateral do forno, da seguinte forma: alimenta-se, pelos furos para admissão do ar atmosférico (4) para o interior do Forno
20 Container (1), ou por sua tampa superior (6) pedaços de biomassa, como gravetos, folhagens, etc e se faz a queima destes. A combustão e o fogo deverão ser mantidos até que se estabeleça a frente de ignição no interior do Forno Container (1). Esta frente de ignição deverá ascender até o topo do forno; caso, entretanto, a ignição inicial já seja realizada pelo topo, a frente de
25 ignição inicial já estará posicionada no local adequado.

Em seguida, inicia-se a descida da frente de carbonização, no sentido longitudinal do Forno Container (1), a qual percola todo o leito de biomassa promovendo a decomposição térmica da lenha.

- A passagem da frente de carbonização pelas várias regiões ou níveis do Forno
30 Container (1) pode ser verificada visualmente pelos furos para admissão do ar atmosférico (4) para o interior do Forno Container (1).

Todo o processo é continuamente monitorado, pelos seguintes parâmetros: peso da carga de lenha em carbonização, temperatura interna do volume de lenha em carbonização e temperatura externa do Forno Container (1). Ao receber estas informações o sistema de automação informatizado (36), verifica a equivalência entre as curvas da marcha e a padrão, de perda de peso x tempo, anteriormente ajustadas para cada tipo de lenha, dimensões e umidade. Caso as curvas da operação em marcha e a padrão não estiverem em fase, ou seja, se o processo estiver adiantado ou atrasado em relação à curva padrão, o sistema deverá verificar o mapa de temperatura e então avaliar a necessidade de abertura e/ou fechamento das válvulas para admissão de ar/oxigênio no interior do forno. Em seguida atuará no processo pelo controle automático de abertura das válvulas e/ou alertando o operador para fazê-lo, seja por sinal sonoro e/ou visual.

Dessa forma, à medida que a frente de carbonização desce, as entradas de ar correspondentes a esta altura, ou nível do Forno Container (1), vão sendo gradativamente fechadas. Após todas as entradas de ar estarem fechadas, o Forno Container (1) permanece vedado, com sucção dos gases sendo executada pelo exaustor para sucção dos gases da carbonização (10), até que a temperatura ao longo de todo o volume do forno se homogeneíze 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 exaustor para sucção dos gases da carbonização (10) são conduzidos até a câmara de queima (16), onde são queimados, gerando calor e gases quentes, os quais poderão ser utilizados de diversas formas, conforme acima descrito.

Depois de terminada a carbonização, o Forno Container (1), 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, com ou sem sistema de troca de calor dos gases quentes contidos no forno em contato com o carvão.

Ao final do resfriamento, faz-se a pesagem do forno, para obtenção do peso de carvão produzido. A descarga do carvão é feita tombando-se novamente o Forno Container (1) e descarregando o carvão no pátio de estocagem ou em um local apropriado.

- 5 O processo é contínuo, ou seja, enquanto um Forno Container (1) está dentro do poço sofrendo o processo de carbonização, outro forno está sendo carregado, o terceiro está sendo descarregado e o quarto forno em processo de resfriamento, de maneira que os poços para cada estágio do ciclo nunca ficam vazios. Os gases da carbonização conduzidos pela tubulação de saída
- 10 dos gases da carbonização (9) são succionados pelo exaustor para sucção dos gases da carbonização (10) e são regulados pelo dispositivo regulador de entrada dos gases da carbonização (11) para a câmara de queima (16), cuja entrada de ar de combustão é feita pela tubulação de entrada de ar secundário de combustão (12) que é soprado pelo ventilador para injeção de ar secundário
- 15 de combustão (13), devidamente controlado pelo dispositivo para regulagem da vazão de ar secundário de combustão (14) para a câmara de queima (16). A partir do ventilador para injeção de secundário de combustão (13), o ar atmosférico cuja vazão deverá ser regulada pelo dispositivo para regulagem de vazão de ar secundário de combustão (14) poderá fluir pela tubulação de
- 20 entrada de ar secundário de combustão (12) para realizar a combustão na câmara de queima (16) e/ou poderá seguir outra tubulação para resfriamento dos gases provenientes da câmara de queima (16) e/ou para reduzir a temperatura no forno de secagem, pré-secagem ou de carbonização secundária (21) em caso de necessidade; este controle é executado pelo
- 25 dispositivo para regulagem da vazão de ar (15) para o forno de secagem, pré-secagem ou carbonização secundária (21).

Ao serem introduzidos na câmara de queima (16), os gases da carbonização são queimados por meio de um sistema de ignição adequado, gerando uma chama radiante com elevado poder calorífico. A energia liberada neste

30 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 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 pela tubulação para passagem dos gases (20) ou pela outra tubulação para passagem dos gases quentes (29). Para regulagem e controle da saída dos gases da câmara de queima, ha um dispositivo para controle da saída dos gases (18) da câmara de queima (16), 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 (16) os mesmos seguirão pela tubulação para passagem dos gases quentes (29) gerados na câmara de queima (16) para fornecimento de energia para um segundo processo térmico, devidamente controlados pelo dispositivo para regulagem da vazão de gases quentes (30) para um segundo processo a acontecer no dispositivo térmico (31), que utiliza os gases quentes gerados na câmara de queima (16) para quaisquer outros processos térmicos, que não a carbonização.

Tais gases podem, também, ser conduzidos pela tubulação para passagem dos gases (20) para o forno de secagem, pré-secagem ou de carbonização secundária (21), Os gases entrarão pela câmara de entrada de gases (22) e sairão pela tubulação de saída de gases (23).

Após saída do forno de pré-secagem, os gases deverão ser succionados pelo exaustor para sucção dos gases (24) do forno de pré-secagem, secagem ou de carbonização secundária (21) e levados à chaminé para saída dos gases do processo (25) do forno de secagem, pré-secagem ou de carbonização secundária (21), sendo que a vazão destes gases e/ou é definida pelas características exaustor para sucção dos gases (24).

No caso de se optar por utilizar a energia contida nos gases quentes gerados na câmara de queima (16) em um segundo processo, como secagem, troca de calor, geração de vapor, etc., então, os gases passarão a ser conduzidos para

o dispositivo térmico (31) pela tubulação para passagem dos gases quentes (29) gerados na câmara de queima (16) para fornecimento de energia para um segundo processo térmico, sendo regulados pelo dispositivo para regulagem da vazão de gases quentes (30) para tais processos.

- 5 Uma terceira opção consiste em se conduzir os gases combustíveis gerados nos Fornos Containers (1) - operando em conjunto - para um segundo Forno, Container (1) para fornecer energia para a carbonização diretamente, sem passagem pela câmara de queima (16); neste caso os gases seguem pela tubulação para passagem dos gases gerados na carbonização (27) do Forno
- 10 Container (1) sendo regulados pelo Dispositivo para regulagem da vazão dos gases (28) e entrando diretamente no forno de secagem, pré-secagem ou de carbonização secundária (21).

Observadas as várias possibilidades operacionais do Forno Container (1) pela operação de seus dispositivos de condução de gases e controle dos mesmos,

15 além dos controles de temperatura de perda de peso ao correr do tempo, praticamente todo o potencial energético da biomassa original será aproveitado para produção de carvão, secagem, operação de processos físico-químicos quaisquer e os efluentes gasosos a serem lançados na atmosfera têm baixas temperaturas e são compostos, basicamente, pelos gases tipicamente

20 resultantes de combustão completa, sem lançamento de metano na atmosfera.

REIVINDICAÇÕES

1. "PROCESSO AUTOMATIZADO DE PRODUÇÃO DE CARVÃO VEGETAL, COM MONITORAMENTO CONTÍNUO DE PESO E TEMPERATURA", que consiste em uma tecnologia de produção automatizada de carvão vegetal, representada por um processo e seus respectivos equipamentos, baseados em fornos metálicos, que possui um rendimento gravimétrico da ordem de 33%, **caracterizado pelo ciclo** total de carbonização ter um período de duração inferior a 24 horas, sendo a etapa de carbonização inferior a 8 horas e o processo de carbonização ser uma operação mecanizada com controle de forma automatizada, contínua ou semi-contínua; por recuperar praticamente 100% da energia contida na madeira enquanto viva ou verde, ter sua produção de forma contínua pela alternância das etapas do processo de forma seqüencial e com tempos determinados e ainda por carbonizar a madeira sob leve pressão negativa, obtida pela sucção dos gases e vapores gerados durante o processo, sendo que o conjunto permite operação contínua ou em batelada, com ou sem aproveitamento dos gases combustíveis gerados no processo de carbonização, os quais podem ser usados em diversas fases do processo de carbonização, como pré-secagem, secagem, pré-carbonização e/ou carbonização de biomassa, ou em um segundo processo térmico, na secagem de produtos orgânicos ou inorgânicos, na geração de vapor, operações de aquecimento, troca térmica, processos metalúrgicos, etc.
2. "PROCESSO AUTOMATIZADO DE PRODUÇÃO DE CARVÃO VEGETAL, COM MONITORAMENTO CONTÍNUO DE PESO E TEMPERATURA", de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado pelo** processo de carbonização contínua ocorrer em ciclos, ou repetições de 5 estágios, que ocorrem de forma simultânea, ditos estágios sendo: 1) carregamento; 2) pré-secagem, secagem, torrefação ou pré-carbonização; 3) carbonização; 4) resfriamento; 5) descarregamento.
3. "PROCESSO AUTOMATIZADO DE PRODUÇÃO DE CARVÃO VEGETAL, COM MONITORAMENTO CONTÍNUO DE PESO E

TEMPERATURA”, de acordo com a reivindicação 2, **caracterizado pelo** tempo máximo de cada etapa ser de 8 horas.

- 5 4. “PROCESSO AUTOMATIZADO DE PRODUÇÃO DE CARVÃO VEGETAL, COM MONITORAMENTO CONTÍNUO DE PESO E TEMPERATURA”, de acordo com a reivindicação 2, **caracterizado pelo** tempo médio de carbonização para biomassas consistentes de lenha fina, galhada, capim, etc ser inferior a 4 horas.
- 10 5. “PROCESSO AUTOMATIZADO DE PRODUÇÃO DE CARVÃO VEGETAL, COM MONITORAMENTO CONTÍNUO DE PESO E TEMPERATURA”, de acordo com as reivindicações anteriores, **caracterizado por** possuir software específico que traça a curva de “perda de peso em função do tempo”, baseado nas temperaturas medidas em pontos específicos do interior e/ou da superfície do forno e da perda de peso da carga de biomassa que está sendo carbonizada.
- 15 6. “PROCESSO AUTOMATIZADO DE PRODUÇÃO DE CARVÃO VEGETAL, COM MONITORAMENTO CONTÍNUO DE PESO E TEMPERATURA”, de acordo com as reivindicações anteriores, **caracterizado pelo** software específico ao detectar defasagens entre uma curva de carbonização em marcha e a curva padrão escolhida, informar ao operador, por meios visuais, alarmes sonoros etc em quais
- 20 regiões do forno a lenha ainda não atingiu a temperatura de carbonização e/ou qual ou quais regiões do mesmo a lenha ultrapassou a temperatura limite de carbonização, indicando a operação manual que o operador deverá exercer.
- 25 7. “PROCESSO E EQUIPAMENTO AUTOMATIZADO DE PRODUÇÃO DE CARVÃO VEGETAL, COM MONITORAMENTO CONTÍNUO DE PESO E TEMPERATURA”, de acordo com as reivindicações anteriores, **caracterizado pelo** software específico ao detectar defasagens entre uma curva de carbonização em marcha e a curva padrão escolhida,
- 30 atuar automaticamente agindo diretamente através de mecanismos atuadores de automação sobre as válvulas de forma a abri-las, se o

processo se encontra atrasado, ou fechá-las, se o processo se encontra adiantado.

- 5
8. "PROCESSO E EQUIPAMENTO AUTOMATIZADO DE PRODUÇÃO DE CARVÃO VEGETAL, COM MONITORAMENTO CONTÍNUO DE PESO E TEMPERATURA", de acordo com as reivindicações anteriores, **caracterizado pelo** software específico ao detectar defasagens entre uma curva de carbonização em marcha e a curva padrão escolhida, atuar sobre a abertura ou fechamento das válvulas de forma gradativa, com ajustes ultrafinos, para a obtenção de alto grau de controle do
- 10
9. "PROCESSO E EQUIPAMENTO AUTOMATIZADO DE PRODUÇÃO DE CARVÃO VEGETAL, COM MONITORAMENTO CONTÍNUO DE PESO E TEMPERATURA", de acordo com as reivindicações anteriores, **caracterizado pela** ignição - ou "*start-up*" do processo ocorrer pela
- 15
- base, pelo topo e/ou pelas laterais do forno.
10. "PROCESSO E EQUIPAMENTO AUTOMATIZADO DE PRODUÇÃO DE CARVÃO VEGETAL, COM MONITORAMENTO CONTÍNUO DE PESO E TEMPERATURA", de acordo com as reivindicações anteriores, **caracterizado pela** operação do sistema ser a seguinte: a ignição pode
- 20
- se iniciar na região superior, inferior e/ou lateral do forno, sendo controlada a entrada de ar de processo, 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,
- 25
- gradativamente, fechadas, em seguida a carbonização ocorre na região intermediária e então as tubulações desta zona são fechadas e por fim ocorre a carbonização na base do forno, pela entrada controlada de ar; após isto, são vedadas as últimas aberturas de entrada de ar de
- 30
11. "PROCESSO AUTOMATIZADO DE PRODUÇÃO DE CARVÃO VEGETAL, COM MONITORAMENTO CONTÍNUO DE PESO E

TEMPERATURA”, de acordo com as reivindicações anteriores, **caracterizado pelo** fato do processo consistir na introdução da lenha no interior do Forno Container (1), manualmente ou por recursos mecânicos como guias, seguida de fechamento da tampa (2) que é mantida presa ao mesmo; o forno é então içado pela alça para transporte (3) e é introduzido, após a pré-secagem, secagem e/ou torrefação, a um suporte, posicionado sobre o poço de carbonização e a ignição inicial pode ser realizada pelas aberturas laterais (4) e/ou pelas aberturas no topo do forno (6), sendo que para realizar a ignição inicial são queimados resíduos florestais 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.

12. “PROCESSO AUTOMATIZADO DE PRODUÇÃO DE CARVÃO VEGETAL, COM MONITORAMENTO CONTÍNUO DE PESO E TEMPERATURA”, de acordo com as reivindicações anteriores, **caracterizado pelo** fato de que após a introdução da lenha no interior do forno, 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 enfiada, iniciando-se a secagem e/ou torrefação da lenha.

13. “PROCESSO AUTOMATIZADO DE PRODUÇÃO DE CARVÃO VEGETAL, COM MONITORAMENTO CONTÍNUO DE PESO E TEMPERATURA”, de acordo com as reivindicações anteriores, **caracterizado pelo** fato de que após ajuste do forno sobre o sistema de pesagem contínua (34), inicia-se o processo de carbonização, alimentando-se, pelos furos para admissão do ar atmosférico (4) para o interior do Forno Container (1), ou por sua tampa superior (6) pedaços de biomassa, como gravetos, folhagens, etc e se faz a queima destes, sendo que a combustão e o fogo deverão ser mantidos até que se estabeleça a frente de ignição no interior do Forno Container (1).

14. "PROCESSO AUTOMATIZADO DE PRODUÇÃO DE CARVÃO VEGETAL, COM MONITORAMENTO CONTÍNUO DE PESO E TEMPERATURA", de acordo com a reivindicação 29, **caracterizado pelo** processo de ignição inicial ser mantido até que se forme a frente de ignição no interior do leito de biomassa, que pode ser visualizada pelos furos para admissão do ar atmosférico (4), a partir daí, as entradas de ar atmosférico no interior do forno metálico vão sendo fechadas em seqüência de forma a proporcionar um fluxo de carbonização descendente, sendo que o fechamento destes furos para admissão do ar atmosférico (4) pode ocorrer de forma automática e/ou manual.
15. "PROCESSO AUTOMATIZADO DE PRODUÇÃO DE CARVÃO VEGETAL, COM MONITORAMENTO CONTÍNUO DE PESO E TEMPERATURA", de acordo com as reivindicações anteriores, **caracterizado pela** secagem e/ou torrefação é promovida pela injeção do gás oriundo da câmara de queima (16), cuja temperatura pode ser superior a 200°C.
16. "PROCESSO E EQUIPAMENTO AUTOMATIZADO DE PRODUÇÃO DE CARVÃO VEGETAL, COM MONITORAMENTO CONTÍNUO DE PESO E TEMPERATURA", de acordo com as reivindicações anteriores, **caracterizado pelo** fato de que os gases da carbonização, logo que são gerados são succionados pelo sistema de exaustão e este controle permite que o fluxo de gases seja conduzido ou direcionado na proporção e localização em que é gerado ao longo do tempo do processo.
17. "PROCESSO AUTOMATIZADO DE PRODUÇÃO DE CARVÃO VEGETAL, COM MONITORAMENTO CONTÍNUO DE PESO E TEMPERATURA", de acordo com a reivindicação 29, **caracterizado pelo** vapor d'água, a fumaça e os gases gerados no leito de carbonização serem succionados pelo exaustor para sucção dos gases da carbonização (10) fazendo com que o sistema de exaustão (32) dos gases gerados no interior do Forno Container (1) possa estar

funcionalmente conectado à base, topo e/ou laterais do Forno Container (1).

- 5 18. "PROCESSO AUTOMATIZADO DE PRODUÇÃO DE CARVÃO VEGETAL, COM MONITORAMENTO CONTÍNUO DE PESO E TEMPERATURA", de acordo com a reivindicação 29, **caracterizado pela** sucção dos gases ocorrer pela base ou toda a superfície do forno, ou seja, topo e parede lateral através da camisa para distribuição do fluxo de gases (7).
- 10 19. "PROCESSO AUTOMATIZADO DE PRODUÇÃO DE CARVÃO VEGETAL, COM MONITORAMENTO CONTÍNUO DE PESO E TEMPERATURA", de acordo com as reivindicações anteriores, **caracterizado pelo** Forno Container (1) poderá ser dividido em quantas regiões quanto 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.
- 15 20. "PROCESSO AUTOMATIZADO DE PRODUÇÃO DE CARVÃO VEGETAL, COM MONITORAMENTO CONTÍNUO DE PESO E TEMPERATURA", de acordo com as reivindicações anteriores, **caracterizado pelo** processo poderá operar a camisa para distribuição do fluxo de gases (7) de forma que a entrada de ar possa ocorrer diretamente pelos furos no interior do forno, sem que haja esta distribuição dos gases.
- 20 21. "PROCESSO AUTOMATIZADO DE PRODUÇÃO DE CARVÃO VEGETAL, COM MONITORAMENTO CONTÍNUO DE PESO E TEMPERATURA", de acordo com as reivindicações anteriores, **caracterizado pelos** gases da carbonização conduzidos pela tubulação de saída dos gases da carbonização (9) serem succionados pelo exaustor para sucção dos gases da carbonização (10) e serem regulados pelo dispositivo regulador de entrada dos gases da carbonização (11) para a câmara de queima (16), cuja entrada de ar de
- 25 30

combustão é feita pela tubulação de entrada de ar secundário de combustão (12) que é soprado pelo ventilador para injeção de ar secundário de combustão (13), devidamente controlado pelo dispositivo para regulagem da vazão de ar secundário de combustão (14) para a câmara de queima (16).

22. "PROCESSO AUTOMATIZADO DE PRODUÇÃO DE CARVÃO VEGETAL, COM MONITORAMENTO CONTÍNUO DE PESO E TEMPERATURA", de acordo com as reivindicações anteriores, **caracterizado pelos** gases provenientes da câmara de queima serem conduzidos para a atmosfera pela chaminé (19) ou para uma próxima etapa de recuperação energética pela tubulação para passagem dos gases (20) ou pela outra tubulação para passagem dos gases quentes (29).

23. "PROCESSO E EQUIPAMENTO AUTOMATIZADO DE PRODUÇÃO DE CARVÃO VEGETAL, COM MONITORAMENTO CONTÍNUO DE PESO E TEMPERATURA", de acordo com as reivindicações anteriores, **caracterizado pelo** processo de carbonização ser monitorado por meio de manômetros e termopares (26) estrategicamente colocados no interior do forno.

24. "PROCESSO E EQUIPAMENTO AUTOMATIZADO DE PRODUÇÃO DE CARVÃO VEGETAL, COM MONITORAMENTO CONTÍNUO DE PESO E TEMPERATURA", de acordo com as reivindicações anteriores, **caracterizado pelo** fluxo de gás ser controlado pelas válvulas de controle da sucção de gases (33) gerados no interior do Forno Container (1) ou pela abertura e fechamento das válvulas, que poderão estar instaladas na parede interna do forno sem a presença da camisa para distribuição do fluxo de gases (7).

25. "PROCESSO AUTOMATIZADO DE PRODUÇÃO DE CARVÃO VEGETAL, COM MONITORAMENTO CONTÍNUO DE PESO E TEMPERATURA", de acordo com as reivindicações anteriores, **caracterizado pelo** tempo de resfriamento do carvão ser inferior a 10

horas e ocorrer por convecção, através da condução de calor pelas paredes metálicas do forno, pela pulverização de água no interior do forno, pela absorção de calor e vaporização da água, ou ainda pelo fluxo dos gases contidos no interior do forno por um trocador de calor sem contato.

5

26. "EQUIPAMENTO AUTOMATIZADO DE PRODUÇÃO DE CARVÃO VEGETAL, COM MONITORAMENTO CONTÍNUO DE PESO E TEMPERATURA", constituído de fornos containers metálicos, construídos em aço carbono, ligas de aço carbono, ferro fundido, aço inoxidável ou qualquer outro material que apresente as necessárias resistências térmica e mecânica, capazes de permitir que os mesmos sejam de forma cilíndrica, poliédrica, ou em qualquer outra configuração que possibilite a acomodação da lenha, **caracterizado por** ser constituído de unidades de processo que constam de 4 fornos, por múltiplos de 4, por exemplo, 8, 12, 16, 20, 24 fornos.

10

15

27. "EQUIPAMENTO AUTOMATIZADO DE PRODUÇÃO DE CARVÃO VEGETAL, COM MONITORAMENTO CONTÍNUO DE PESO E TEMPERATURA", de acordo com a reivindicação 26, **caracterizado por** serem alternativamente revestidos por camisa isolante de alvenaria, manta isolante ou material refratário e poderem ser colocados em posição aérea ou subterrânea.

20

28. "EQUIPAMENTO AUTOMATIZADO DE PRODUÇÃO DE CARVÃO VEGETAL, COM MONITORAMENTO CONTÍNUO DE PESO E TEMPERATURA", de acordo com as reivindicações 26 e 27, **caracterizado pela** existência de dois tipos de aberturas na parede do Forno Container (1): aberturas que conectam o interior do mesmo com a camisa para distribuição do fluxo de gases (7) e aberturas que ultrapassam a camisa para distribuição do fluxo de gases (7), conectando o interior do Forno Container (1) com o meio externo.

25

29. "EQUIPAMENTO AUTOMATIZADO DE PRODUÇÃO DE CARVÃO VEGETAL, COM MONITORAMENTO CONTÍNUO DE PESO E

30

TEMPERATURA”, de acordo com a reivindicação 26, **caracterizado por** estarem as unidades de processo (baterias de fornos) conectadas por fornalhas intermediárias.

- 5 30. “EQUIPAMENTO AUTOMATIZADO DE PRODUÇÃO DE CARVÃO VEGETAL, COM MONITORAMENTO CONTÍNUO DE PESO E TEMPERATURA”, de acordo com a reivindicação 29, **caracterizado pelas** fornalhas intermediárias receberem os gases combustíveis provenientes da carbonização das unidades de processo e as ditas fornalhas geram gases quentes que são conduzidos para outra bateria de fornos para serem carbonizados, que geram gases combustíveis para 10 uma segunda bateria de fornalhas, destas são conduzidos gases quentes para uma terceira bateria de fornos e assim sucessivamente até que se atinja a produção pretendida.
- 15 31. “EQUIPAMENTO AUTOMATIZADO DE PRODUÇÃO DE CARVÃO VEGETAL, COM MONITORAMENTO CONTÍNUO DE PESO E TEMPERATURA”, de acordo com a reivindicação 29, **caracterizado pelos** gases quentes gerados poderem ser aproveitados na secagem, pré-secagem, pré-carbonização e/ou carbonização da biomassa contida em outros fornos.
- 20 32. “EQUIPAMENTO AUTOMATIZADO DE PRODUÇÃO DE CARVÃO VEGETAL, COM MONITORAMENTO CONTÍNUO DE PESO E TEMPERATURA”, de acordo com as reivindicações 26 a 30, **caracterizado pelos** fornos disporem de aberturas ou furos laterais em suas superfícies, topos ou bases e possuírem diâmetros variáveis em 25 função da área superficial ou da especificidade de cada projeto e/ou produto, em termos de percentual de carbono fixo.
- 30 33. “EQUIPAMENTO AUTOMATIZADO DE PRODUÇÃO DE CARVÃO VEGETAL, COM MONITORAMENTO CONTÍNUO DE PESO E TEMPERATURA”, de acordo com a reivindicação 31, **caracterizado pelos** furos serem conectados através de camisa externa de distribuição de gases ou diretamente a válvulas de controle de entrada de ar de

processo, que poderão ser de diversos tipos, tais como válvulas de esfera ou sistemas pneumáticos de movimentação, a elas ligados, os quais são comandados por software específico residente em PLC's ou quaisquer outros equipamentos informáticos.

- 5 34. "EQUIPAMENTO AUTOMATIZADO DE PRODUÇÃO DE CARVÃO VEGETAL, COM MONITORAMENTO CONTÍNUO DE PESO E TEMPERATURA", de acordo com a reivindicação 26, **caracterizado pelos** fornos disporem de sistema de monitoramento contínuo de peso, tipo célula de carga ou balança pendular.
- 10 35. "EQUIPAMENTO AUTOMATIZADO DE PRODUÇÃO DE CARVÃO VEGETAL, COM MONITORAMENTO CONTÍNUO DE PESO E TEMPERATURA", de acordo com a reivindicação 26, **caracterizado pelos** fornos disporem de sistema de medição de temperaturas, por termopares tipo K, termopares de contato, sensores infravermelhos ou
- 15 outro adequado.
36. "EQUIPAMENTO AUTOMATIZADO DE PRODUÇÃO DE CARVÃO VEGETAL, COM MONITORAMENTO CONTÍNUO DE PESO E TEMPERATURA", de acordo com a reivindicação 26, **caracterizado pelo** forno container ser constituído por um "telhado" de chapa de aço,
- 20 que possui furos para entrada controlada de ar no interior do mesmo e abertura para introdução de resíduos florestais e/ou biomassa para a ignição inicial do processo de carbonização.
37. "EQUIPAMENTO AUTOMATIZADO DE PRODUÇÃO DE CARVÃO VEGETAL, COM MONITORAMENTO CONTÍNUO DE PESO E
- 25 TEMPERATURA", de acordo com a reivindicação 30, **caracterizado pelo** forno container poder controlar a entrada de ar de processo, 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 e em uma ou mais posições no sentido
- 30 horizontal.

38. "EQUIPAMENTO AUTOMATIZADO DE PRODUÇÃO DE CARVÃO VEGETAL, COM MONITORAMENTO CONTÍNUO DE PESO E TEMPERATURA", de acordo com a reivindicação 31, **caracterizado pelas** aberturas disporem de dispositivos, tais como válvulas de controle, ou quaisquer outros mecanismos destinados a fechá-las à medida que se inicie a ignição da carga e se estabeleça a cinética do processo de carbonização.
39. "EQUIPAMENTO AUTOMATIZADO DE PRODUÇÃO DE CARVÃO VEGETAL, COM MONITORAMENTO CONTÍNUO DE PESO E TEMPERATURA", de acordo com a reivindicação 36, **caracterizado por** conter tubos internos, transversais ao forno, como prolongamentos dos furos laterais, por onde entra o ar de processo para o ar de processo chegar as partes mais interiores da biomassa em carbonização.
40. "EQUIPAMENTO AUTOMATIZADO DE PRODUÇÃO DE CARVÃO VEGETAL, COM MONITORAMENTO CONTÍNUO DE PESO E TEMPERATURA", de acordo com a reivindicação 38, **caracterizado pelos** tubos internos possuírem comprimento variável, desde 1% até 100% do diâmetro do forno e ainda possuir furos em sua superfície e deverão estar posicionados, preferencialmente, no sentido horizontal, podendo estar ancorados internamente.
41. "EQUIPAMENTO AUTOMATIZADO DE PRODUÇÃO DE CARVÃO VEGETAL, COM MONITORAMENTO CONTÍNUO DE PESO E TEMPERATURA", de acordo com a reivindicação 26, **caracterizado pela** tampa da base (2) do Forno Container consistir em uma tampa perfurada, com furos cujos diâmetros variam conforme o diâmetro da lenha e/ou dimensões da biomassa a ser carbonizada.
42. "EQUIPAMENTO AUTOMATIZADO DE PRODUÇÃO DE CARVÃO VEGETAL, COM MONITORAMENTO CONTÍNUO DE PESO E TEMPERATURA", de acordo com a reivindicação 40, **caracterizado pela** tampa perfurada permitir o escoamento do fluxo de gás e evitar a passagem de pedaços de lenha ou biomassa pela mesma.

43. "EQUIPAMENTO AUTOMATIZADO DE PRODUÇÃO DE CARVÃO VEGETAL, COM MONITORAMENTO CONTÍNUO DE PESO E TEMPERATURA", de acordo com a reivindicação 41, **caracterizado pelos** furos da tampa da base (2) do Forno Container conduzir os gases oriundos da carbonização, que são succionados pelos dispositivos que formam um sistema de exaustão, composto pela tubulação de saída dos gases gerados pela carbonização da lenha (5), tubulação de saída dos gases da carbonização (9) e exaustor para sucção dos gases da carbonização (10).
44. "EQUIPAMENTO AUTOMATIZADO DE PRODUÇÃO DE CARVÃO VEGETAL, COM MONITORAMENTO CONTÍNUO DE PESO E TEMPERATURA", de acordo com a reivindicação 26, **caracterizado pela** caixa de pré-secagem (38) consistir em uma estrutura de paredes de alvenaria, apoiada sobre o piso, tendo na base uma grelha (39), feita de chapa de aço, dita grelha (39) se encontra apoiada sobre o túnel condutor (40) do fluxo dos gases quentes provenientes da secagem, torrefação e/ou pré-carbonização em direção à grelha (39) para a pré-secagem da lenha.
45. "PROCESSO E EQUIPAMENTO AUTOMATIZADO DE PRODUÇÃO DE CARVÃO VEGETAL, COM MONITORAMENTO CONTÍNUO DE PESO E TEMPERATURA", de acordo com a reivindicação 43, **caracterizado pelo** fato de após a pré-secagem, a lenha e/ou biomassa, com teor de umidade em torno de 10% a 20% ser transportada, manual ou mecanicamente, para carregamento do forno de secagem, pré-secagem ou de carbonização secundária (21).
46. "PROCESSO AUTOMATIZADO DE PRODUÇÃO DE CARVÃO VEGETAL, COM MONITORAMENTO CONTÍNUO DE PESO E TEMPERATURA", de acordo com as reivindicações anteriores, **caracterizado pelo** fato de que após a pré-secagem, a lenha e/ou biomassa, com teor de umidade em torno de 10% a 20% deverá ser transportada, manual ou mecanicamente, para carregamento do forno

de secagem, pré-secagem ou de carbonização secundária (21), etapa em que o Forno Container (1) está tombado e apoiado sob um cavalete.

5 47. "PROCESSO AUTOMATIZADO DE PRODUÇÃO DE CARVÃO VEGETAL, COM MONITORAMENTO CONTÍNUO DE PESO E TEMPERATURA", de acordo com as reivindicações anteriores, **caracterizado pelo** fato de que após a secagem e/ou torrefação, o Forno Container (1), contendo a lenha seca e/ou pré-carbonizada, deve ser transportado ou deslocado por meio de um pórtico e/ou ponte rolante, até o poço de carbonização, onde este é acoplado à câmara de combustão (16) por meio da tubulação (5), dita câmara de combustão (16) podendo ser utilizada como câmara de ignição ou como câmara para apoio ou contenção do sistema de exaustão.

10 48. "PROCESSO AUTOMATIZADO DE PRODUÇÃO DE CARVÃO VEGETAL, COM MONITORAMENTO CONTÍNUO DE PESO E TEMPERATURA", de acordo com as reivindicações anteriores, **caracterizado pela** descarga do carvão ser feita tombando-se novamente o Forno Container (1) e descarregando o carvão no pátio de estocagem ou em um local apropriado.

15 49. "PROCESSO E EQUIPAMENTO AUTOMATIZADO DE PRODUÇÃO DE CARVÃO VEGETAL, COM MONITORAMENTO CONTÍNUO DE PESO E TEMPERATURA", de acordo com as reivindicações anteriores, **caracterizado por** ser uma variante do processo onde se aproveita o potencial energético dos gases da combustão, oriundos da câmara de queima (16) seguirão pela tubulação para passagem dos gases quentes (29) gerados na câmara de queima (16) para fornecimento de energia para um segundo processo térmico, devidamente controlados pelo dispositivo para regulagem da vazão de gases quentes (30) para um segundo processo a acontecer no dispositivo térmico (31), que utiliza os gases quentes gerados na câmara de queima (16) para quaisquer outros processos térmicos, que não a carbonização, podendo ainda os gases serem conduzidos pela tubulação para passagem dos gases (20) para o

20

25

30

forno de secagem, pré-secagem ou de carbonização secundária (21) e os gases entrarão pela câmara de entrada de gases (22) e sairão pela tubulação de saída de gases (23).

- 5 50. "PROCESSO E EQUIPAMENTO AUTOMATIZADO DE PRODUÇÃO DE CARVÃO VEGETAL, COM MONITORAMENTO CONTÍNUO DE PESO E TEMPERATURA", de acordo com a reivindicação 49, **caracterizado pelos** gases após a saída do forno de pré-secagem serem succionados pelo exaustor para sucção dos gases (24) do forno de pré-secagem, secagem ou de carbonização secundária (21) e levados à chaminé para
- 10 saída dos gases do processo (25) do forno de secagem, pré-secagem ou de carbonização secundária (21), sendo que a vazão destes gases e/ou é definida pelas características exaustor para sucção dos gases (24).
- 15 51. "PROCESSO E EQUIPAMENTO AUTOMATIZADO DE PRODUÇÃO DE CARVÃO VEGETAL, COM MONITORAMENTO CONTÍNUO DE PESO E TEMPERATURA", de acordo com as reivindicações anteriores, **caracterizado por** ser uma variante do processo onde se aproveita a energia contida nos gases quentes gerados na câmara de queima (16)
- 20 em um segundo processo, como secagem, troca de calor, geração de vapor, etc., onde os gases passarão a ser conduzidos para o dispositivo térmico (31) pela tubulação para passagem dos gases quentes (29) gerados na câmara de queima (16) para fornecimento de energia para um segundo processo térmico, sendo regulados pelo dispositivo para
- 25 52. "PROCESSO E EQUIPAMENTO AUTOMATIZADO DE PRODUÇÃO DE CARVÃO VEGETAL, COM MONITORAMENTO CONTÍNUO DE PESO E TEMPERATURA", de acordo com as reivindicações anteriores, **caracterizado por** ser uma variante do processo que consiste em se conduzir os gases combustíveis gerados nos Fornos Containers (1) -
- 30 operando em conjunto - para um segundo Forno, Container (1) para fornecer energia para a carbonização diretamente, sem passagem pela

câmara de queima (16) onde os gases seguem pela tubulação ,para passagem dos gases gerados na carbonização (27) do Forno Container (1) sendo regulados pelo dispositivo para regulagem da vazão dos gases (28) e entrando diretamente no forno de secagem, pré-secagem ou de carbonização secundária (21).

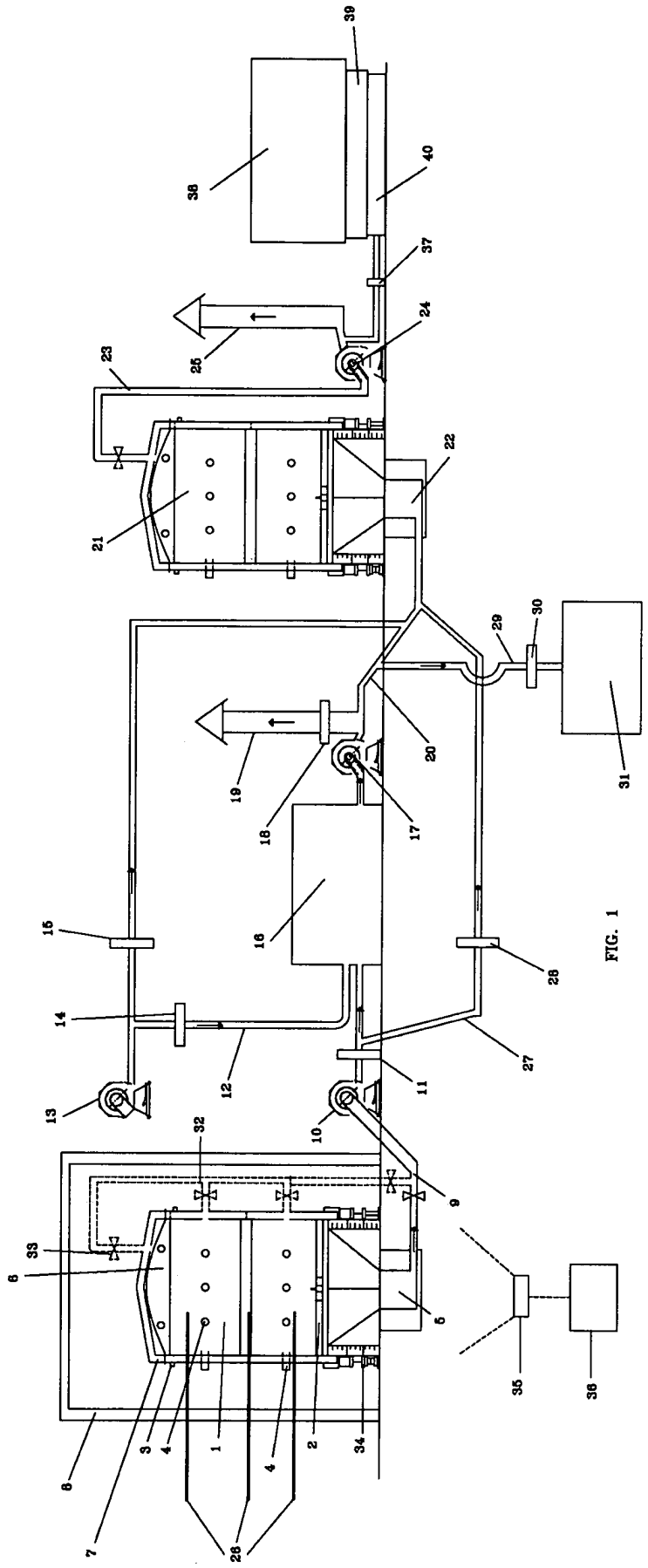


FIG. 1

RESUMO**“PROCESSO E EQUIPAMENTO AUTOMATIZADO DE PRODUÇÃO DE CARVÃO VEGETAL, COM MONITORAMENTO CONTÍNUO DE PESO E TEMPERATURA”.**

- 5 O objeto da presente Patente de Invenção consiste em uma tecnologia de produção automatizada de carvão vegetal, representada por um processo e seus respectivos equipamentos, baseados em fornos metálicos, sendo que o conjunto permite operação contínua ou em batelada, com ou sem aproveitamento dos gases combustíveis gerados no processo de carbonização.
- 10 Os gases combustíveis, gerados pelo processo de carbonização de biomassa, podem ser encaminhados para queima em uma fornalha acoplada ao forno metálico, na qual ocorre a combustão dos mesmos, gerando gases quentes, com temperaturas superiores a 800°C.
- Estes gases quentes podem ser utilizados nas várias fases do processo de carbonização, como pré-secagem, secagem, pré-carbonização e/ou
- 15 carbonização de biomassa, ou em um segundo processo térmico, como na secagem de produtos orgânicos ou inorgânicos, na geração de vapor, operações de aquecimento, troca térmica, processos metalúrgicos, etc.
- A presente Patente de Invenção - “PROCESSO E EQUIPAMENTO
- 20 AUTOMATIZADO DE PRODUÇÃO DE CARVÃO VEGETAL, COM MONITORAMENTO CONTÍNUO DE PESO E TEMPERATURA”, é solução para os cinco problemas cruciais e inseparáveis do processo de carbonização executado em fornos convencionais de alvenaria, porque possibilita:
- 1 - operação mecanizada com controle e automação do processo;
 - 25 2 - recuperação de praticamente 100% da energia contida na madeira enquanto viva ou verde,
 - 3 - maior qualidade no produto - carvão vegetal - uma vez que o processo pode ser controlado de forma automatizada e contínua,

- 4 - produção de forma contínua pela alternância das etapas do processo de forma seqüencial e com tempos determinados,
- 5 - maior produtividade de carvão, isto em maior produção de carvão, em menor tempo, pelo mesmo equipamento, pela redução dos tempos de cada etapa do processo.