



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

(11) PI 0807874-2 B1

(22) Data do Depósito: 29/02/2008

(45) Data de Concessão: 26/09/2017



(54) Título: PROCESSO DE FABRICAÇÃO DE CARVÃO VEGETAL DE ELEVADO TEOR EM CARBONO E INSTALAÇÃO DE APLICAÇÃO DO PROCESSO

(51) Int.Cl.: C10B 49/04; C10B 53/02; B27K 3/00; C10L 5/44; F23G 7/10; A62D 3/40

(30) Prioridade Unionista: 01/03/2007 FR 0753581

(73) Titular(es): AREVA RENOUVELABLES

(72) Inventor(es): DAVID MATEOS

PROCESSO DE FABRICAÇÃO DE CARVÃO VEGETAL DE ELEVADO TEOR EM CARBONO E INSTALAÇÃO DE APLICAÇÃO DO PROCESSO

5 A invenção se refere ao setor técnico da produção e do tratamento dos materiais orgânicos ou vegetais agrícolas não alimentícios, visando à recuperação do carbono, visando à sua reciclagem.

10 O requerente adquiriu uma sólida experiência e detém um *savoir-faire* importante no âmbito de produção de carbono para valorização dos sólidos orgânicos. O requerente é notadamente titular de numerosas patentes depositadas no plano internacional a partir das patentes FR nº 2.734.741,
15 2.885.909, 2.888.20. O requerente é assim levado, a partir dos processos e instalações descritos nesses documentos, a produzir carbono sob a forma de elementos sólidos de teor muito elevado em carbono.

20 O requerente levou, no âmbito de sua pesquisa de desenvolvimento, a se interessar também pela transformação da biomassa não alimentícia como os dejetos vegetais agrícolas que têm um teor em carbono não desprezível e geralmente não reutilizado ou pouco reutilizado.

25 O pedido do requerente é parte de uma situação de fato atualmente que é a utilização de bioenergias para diminuir a dependência energética de um país ou grupo de países em relação ao petróleo. Qualquer um sabe que o petróleo é uma
30 energia, que nos próximos anos, irá diminuir, podendo até

mesmo desaparecer, ao se considerar a demanda mundial sempre mais importante e as reservas que não são mais inesgotáveis. Orienta-se, portanto, para a pesquisa de produtos de substituição e as bioenergias são uma
5 possibilidade de responder a essa demanda.

O problema é que a produção de bionergias se focaliza em grande parte sobre as culturas de cereais e oleaginosas que são atualmente essencialmente, e mesmo quase
10 exclusivamente, destinadas ao consumo alimentício das populações. Essas culturas de cereais e oleaginosas têm um valor agregado que depende do mercado. Ou seja, caso essas culturas sejam destinadas a outras aplicações, tais como para síntese de bicomcombustíveis, há risco de, com o tempo,
15 considerando-se valores agregados muito mais importantes, chegar a uma desestabilização do mercado agroalimentício e um empobrecimento do alimento potencial da população, devido ao déficit provocado pela fabricação de biocombustíveis. Com efeito, a fabricação destes exige
20 consideráveis superfícies a cultivar. Em outros termos, caso se prossiga nessa via, encaminha-se para situações de conflitos de interesses antagônicos muito importantes, em detrimento da prioridade de base que é aquela da alimentação das pessoas.

25

É, portanto, nesse contexto que o requerente, considerando seu próprio conhecimento da produção de carbono a partir de sólidos orgânicos, se interessou pela produção de carvão vegetal, isto é, a produção de carvão a
30 partir de biomassa agrícola não alimentícia, visando a

participar em seguida, em uma aplicação vantajosa, da integração dessa matéria carbonada para a produção de biocombustíveis de síntese.

5 Em outros termos, a ação do requerente foi de desenvolver um processo de fabricação de carvão dito vegetal a partir de biomassa agrícola não alimentícia. Com efeito, a biomassa agrícola não alimentícia no mundo, é considerável em volume, sempre em reprodução de um ano
10 sobre o outro, criando uma fonte quase inesgotável de matérias-primas, sem prejudicar ou esgotar as terras aráveis que são limitadas.

A transferência dos conhecimentos que resultam
15 notadamente das diferentes patentes anteriores do requerente, assim como lembrado anteriormente, não é aplicável ao tratamento da biomassa agrícola não alimentícia para a obtenção de carvão vegetal. As pesquisas feitas pelo requerente chegaram à produção de carvão dito
20 vegetal, introduzindo outros parâmetros de produção totalmente inexistentes na tecnologia conhecida pré-citada. Portanto, foi preciso aplicar outro processo otimizado em relação à técnica anterior com, por consequência, uma instalação diferenciada.

25

De acordo com uma primeira característica da invenção, o processo é observável pelo fato de aplicar as seguintes fases:

30

a) o acionamento

- carterização que é uma destilação pirolítica escalonada da biomassa correspondente à parte orgânica da matéria devido à circulação dos gases quentes na coluna do reator, com evacuação da biomassa tratada pela base do reator, quando a temperatura T2 da camada de matéria acima da grade, diante do fundo do reator, atinge a temperatura T1 compreendida entre 350 e 400 °C dos gases provenientes do gerador de gases quentes;

10 b) a transição

- aplicação progressiva em uma fase de transição da introdução de ar para o enriquecimento em oxigênio dos gases quentes provenientes do gerador, a adjunção de ar permitindo oxidar os componentes voláteis que se acham embaixo da coluna a nível da grade e que têm funcionalidade, por um lado, diminuir a temperatura dos gases do gerador T1 e aumentar a temperatura T2, assim como a quantidade de gases devido à oxidação das matérias orgânicas e, por outro lado, provocar uma aceleração do processo de mineralização da biomassa;

c) a produção

- aplicação da fase de produção contínua e autônoma de carvão vegetal com substituição total dos gases quentes do gerador pela introdução exclusiva de ar comprimido à temperatura ambiente na base da coluna, permitindo aumentar as transferências térmicas entre os gases e a biomassa, visando à obtenção de carvão vegetal de elevado teor em carbono e manter a temperatura T2 entre 600 °C a 700 °C na camada de biomassa que se situa exatamente acima da grade,

introduzindo ar comprimido e procedendo à evacuação contínua da biomassa transformada em carvão vegetal durante o conjunto do processo operacional, isto permitindo atingir e manter em contínuo um ritmo acelerado de produção com
5 acréscimo de biomassa no topo do reator à medida que ocorre a evacuação do carvão vegetal através da grade embaixo da coluna, mantendo a temperatura T3 no topo da coluna abaixo de 65 °C.

10 De acordo com uma segunda característica da invenção, a instalação de aplicação do processo, de acordo com a invenção, do tipo que compreende meios para a aplicação das fases de acionamento e de produção, incluindo um gerador de gases quentes pobres em oxigênio, a jusante, um ventilador
15 que aciona a superpressão de gases quentes na parte baixa do reator, o reator compreendendo uma coluna de grande altura, cuja entrada superior permite o carregamento e introdução da biomassa em contínuo e, em sua parte baixa, um grade de suporte e de evacuação da carga, e subjacente
20 uma câmara de injeção de gás, proveniente do gerador, e um mecanismo de recuperação dos produtos tratados, a instalação compreendendo, além disso, na saída, gases frios no topo da coluna do reator, uma câmara térmica de pós-combustão dos gases evacuados, um trocador de calor, um
25 ventilador, um segundo trocador de calor e uma saída, e canalizações de ligação permitindo a utilização da reciclagem dos gases com ligações entre o circuito definido pelos componentes, por um lado, e os componentes, por outro, é notável pelo fato de a instalação compreender um
30 outro circuito situado entre o reator e o ventilador que é

definido por um grupo compressor, permitindo fornecer o ar sob pressão na fase particular de produção, e a substituição total dos gases quentes provenientes do gerador pelo ar comprimido à temperatura ambiente.

5

Assim, pelo processo e sua instalação de aplicação, obtém-se carvão vegetal, com elevado teor em carbono, sob a forma de pedaços, de péletes ou de pó ou outras configurações similares que podem, em seguida, servir à
10 produção de biocombustíveis de síntese, por exemplo.

Para fixar o objeto da invenção ilustrada de maneira não limitativa nas figuras dos desenhos, nos quais:

15 - a figura 1 representa uma vista de caráter esquemático, ilustrando a instalação de aplicação do processo, de acordo com a invenção, em sua aplicação global;

20 - a figura 2 representa uma vista de caráter esquemático da instalação, de acordo com a figura 1, mas em condições de funcionamento na dita fase de acionamento, isto é "carterização";

25 - a figura 3 representa uma vista de caráter esquemático da instalação, de acordo com a figura 1, mas em condições de funcionamento na dita fase de transição;

- a figura 4 representa uma vista de um diagrama,
30 ilustrando a elevação da temperatura T2 na coluna, em

função do aumento de admissão de ar ambiente com a repartição de fornecimento de calor desse gerador e suporte de calor, devido à oxidação forçada;

5 - a figura 5 representa um diagrama em relação à altura da coluna e a temperatura, com a evolução das curvas em concentração de oxigênio e evolução em temperatura;

10 - a figura 6 representa uma vista de caráter esquemático da instalação, de acordo com a figura 1, mas nas condições de funcionamento na fase de produção.

A fim de tornar mais concreto o objeto da invenção, este é descrito mantendo-o de maneira não limitativa nas
15 figuras dos desenhos.

Se a figura 1 representa o conjunto da instalação em sua utilização global, as figuras 2, 3 e 6 ilustram essa instalação nas diferentes fases sucessivas de
20 funcionamento, e as partes de instalação não em funcionamento são ilustradas em traços interrompidos curtos para facilitar a compreensão da aplicação da invenção. Distinguem-se, portanto, as fases iniciais de colocação em funcionamento da instalação e aquelas resultantes de sua
25 autonomia completa ilustrada na figura 6.

Com referência à figura 1, para a aplicação da inicialização do processo, a instalação completa de aplicação do processo inclui os seguintes componentes,
30 estes sendo identificados por ordem sucessiva segundo o

sentido de circulação dos gases. A instalação compreende um gerador de gases quentes (1) pobres em oxigênio (com aproximadamente 1% de CO_2). Esse gerador é associado com uma entrada de ar (1a) e uma válvula (6) de comando. A

5 jusante, se encontra um ventilador (2) que vai acionar a projeção de uma quantidade de gases quentes na parte baixa do reator (R) definida pelo tipo de biomassa a tratar. Esse reator compreende assim uma coluna (5) de grande altura, cuja entrada superior é superposta por um SAS para a

10 introdução da carga de biomassa a trabalhar para a recuperação de carbono. Em sua parte baixa, o reator apresenta, portanto, uma grade (4) e subjacente à câmara (3) de injeção de gases provenientes do gerador (1) e de recuperação do carvão vegetal de elevada concentração em

15 carbono. A coluna do reator no meio da qual se desenvolve o processo de Carterização, exposto a seguir, contém assim a biomassa previamente acondicionada em termos de tamanhos e de geometria. A coluna (5) apresenta a própria um perfil geométrico específico em forma de cilindro de diâmetro

20 progressivo de sua parte de entrada da biomassa até à base no nível da grade de suporte da biomassa.

Distingue-se, em seguida, os outros componentes da instalação a partir da saída dos gases no topo da coluna do

25 reator a saber uma câmara térmica (6) de pós-combustão dos gases evacuados, com uma entrada de ar (6a) gerada por uma válvula (H), um trocador de calor (7), um ventilador (8), um trocador de calor (9) e uma saída (10). Canalizações de ligação (11 - 12) permitem a utilização da reciclagem dos

30 gases com, por exemplo, ligações entre o circuito definido

pelos componentes (1 - 2) (8- 9), por um lado, e os componentes (9 - 10) (1 - 2), por outro lado. A instalação compreende, de acordo com a invenção, um outro circuito situado entre o reator (R) e o ventilador (2) que é
5 definido por um grupo compressor (1bis), permitindo fornecer ar comprimido na fase particular de produção, assim como será exposto na seqüência sobre o processo.

A biomassa agrícola não alimentícia provém de todos os
10 tipos de vegetais coletados e acondicionados previamente para serem introduzidos no topo da coluna do reator por quaisquer meios de transferência conhecidos. Assim, o processo de fabricação de carvão vegetal de elevado teor em carbono, a partir de biomassa agrícola não alimentícia
15 sólida, utiliza várias fases sucessivas de acionamento de tratamento até carterização, uma fase de transição, para atingir a fase de produção, que pode ser mantida em contínuo durante um tempo indefinido, esta última fase sendo o núcleo da invenção. O processo, de acordo com a
20 invenção, permitindo essa fabricação de carvão vegetal, introduz, com efeito, em relação aos conhecimentos anteriores da obtenção de carbono a partir de sólidos orgânicos, uma nova fase após carterização, consistindo na introdução de ar ambiente sob pressão proveniente de uma
25 segunda fonte de produção de ar no circuito de injeção dos gases quentes embaixo da coluna do reator, aumentando dessa forma a pressão nesta, a fim de acelerar o fenômeno de carbonização.

Convém desde, então, expor o processo de fabricação de carvão vegetal, referindo-se às diferentes fases sucessivas de elaboração.

5 A partida e o acionamento da instalação são feitos pelas fases normais de partida e funcionamento de uma instalação de "carterização".

10 A fase de acionamento do processo é, portanto, aquela relativa à carterização, isto é, os gases quentes provenientes do gerador (1) atravessam a coluna de reação (1), permitindo a extração da parte orgânica da matéria. Uma vez estabilizado, o gradiente de temperatura e as diferentes reações tendo ocorrido na coluna de reação, 15 começa a extração da matéria mineralizada embaixo da coluna. Com efeito, cada vez que a temperatura T2 da camada ou estrato de matéria vegetal situada acima da grade (4) igual à temperatura T1 dos gases oriundos do gerador (1), a grade (4) é manobrada por um meio de comando apropriado 20 para efetuar movimentos em vai e vem para permitir a extração dos produtos assim tratados. Simultaneamente, procede-se ao acréscimo de uma camada ou estrato de biomassa no topo da coluna que está a uma temperatura T3 inferior a 65 °C.

25

De acordo com a figura 2, nessa fase, o gerador (1bis) não é acionado e, portanto, não tem efeito.

30 A fase seguinte do processo consiste em uma fase de transição que está representada na figura 3 e explicada

pelo diagrama da figura 4. Essa fase de transição tem por finalidade introduzir ar ambiente sob pressão nos gases quentes (T_1 compreendida entre 350 e 400 °C) oriundos do gerador (1). Essa adjunção de ar tem por efeito baixar a
5 temperatura T_1 e oxidar os compostos voláteis que se acham nos primeiros centímetros da coluna exatamente acima da grade (4).

Essa oxidação forçada dá uma quádrupla consequência, a
10 saber:

1) Aumentar a temperatura T_2 do estrato situado exatamente acima da grade, devido à oxidação da matéria orgânica. A temperatura T_2 passa, então, de um valor
15 compreendido entre 350 °C e 400 °C a um valor compreendido entre 600 e 750 °C;

2) Acelerar o processo de mineralização da biomassa, a oxidação forçada da matéria orgânica por fornecimento de
20 oxigênio sendo uma reação muito exotérmica que tem por efeito aumentar a cinética da reação;

3) Consumir a totalidade do oxigênio presente nos gases de injeção;

25

4) Fazer baixar progressivamente a temperatura dos gases de injeção, à medida que aumenta a proporção de ar nos gases quentes. A temperatura T_1 passa de um valor compreendido entre 350 e 400 °C a uma temperatura ambiente.

O diagrama da figura 4 mostra assim a reação da temperatura no estrato acima da grade, em relação à introdução de oxigênio inerente ao ar complementar iniciado pelo meio 1a (1a). Desde a introdução do ar complementar, T2 evolui do nível de temperatura de Caracterização ao nível de temperatura de produção. Constata-se que o fornecimento de calor, devido aos gases quentes do gerador (1), tende a diminuir em proporção, enquanto que o fornecimento de calor, devido à oxidação forçada, se desenvolve.

10

Segundo a figura 1, o compressor (1bis) nem sempre é adicionado e não tem efeito.

O diagrama representado na figura 5 mostra assim as curvas (C1) de concentração em oxigênio e (C2) de evolução da temperatura, em função da altura da coluna do reator.

Assim, após ter atravessado a grade (4) e os primeiros centímetros de matéria, os gases se aquecem e se empobrecem em oxigênio. Continuando a progredir para cima, os gases, em contato com a matéria que consumiu inteiramente o oxigênio que continham, continuam a transferir calor à medida que montam na coluna do reator. Essa transferência de calor provoca a extração da parte orgânica e da parte da biomassa, produzindo assim a carbonização desta.

Nessa fase, a evacuação na câmara (3) do carvão vegetal obtido é feita sempre pelo acionamento da grade (4), enquanto que a temperatura dos gases, provenientes do gerador T1, diminui progressivamente e, quando a

temperatura dos gases de injeção atinge a temperatura ambiente, começa então a fase seguinte do processo, isto é, a fase de produção que consiste na substituição dos gases provenientes do gerador pelo ar comprimido.

5

Segundo a figura 3, o compressor (1bis) nem sempre é acionado e não tem efeito.

10 A fase seguinte do processo é, então, aquela da produção. Ela é ilustrada na figura 6 e corresponde à colocação em funcionamento do gerador de ar comprimido (1bis) por uma injeção de ar comprimido que se substitui pelo funcionamento do gerador (1) de gases quentes.

15 A quantidade de oxigênio fornecida à coluna (5) é aumentada, acrescentando-se a pressão do ar comprimido na coluna do reator. O circuito de encaminhamento de ar é, portanto, modificado conforme aparece na figura 6 com a substituição do gerador de gases quentes (1) por um
20 compressor de ar. Essa injeção contínua de ar comprimido permite subir até a uma pressão de 5 bárias embaixo da coluna, e no âmbito de um funcionamento em contínuo do reator. Essa colocação em pressão tem por efeito densificar o meio e, portanto, aumentar as transferências térmicas
25 entre os gases e a biomassa e favorecer assim a condensação sobre os estratos superiores dos orgânicos pesados oriundos inferiores da coluna.

A evacuação do carvão vegetal assim produzido é feita
30 pela obliquidade da câmara (3) de coleta.

No âmbito de funcionamento em contínuo e de produção do carvão vegetal, diferentes meios e parâmetros permitem controlar o processo, assim como a qualidade da mineralização. Verifica-se a quantidade de ar injetada, a temperatura T2 convencional de acionamento da agitação, o preparo do ar comprimido injetado, e também a pressão dos gases embaixo da coluna.

O controle da combustão e a não ultrapassagem da temperatura convencional de T2 são assegurados pelo controle contínuo da agitação da grade que assegura a vazão de evacuação do carvão vegetal, evitando assim a sobre gaseificação do carvão.

15

Em outros termos, uma vez as fases operacionais iniciais de carterização e de transição terminadas, a instalação está em situação de produção autógena para a obtenção de carvão vegetal. Isto sugere que há em combinação uma evacuação em contínuo dos produtos carbonados sob a forma de carvão vegetal, que há aprovisionamento pelo topo do reator de uma quantidade correspondente de biomassa a tratar em um ciclo contínuo. Isto sugere também que o sistema se auto-alimenta com uma manutenção e controle das temperaturas, em particular, a nível da parte de biomassa que se acha imediatamente acima do nível da grade (4) e correspondente ao estrato que está na última fase de produção de carvão vegetal.

O processo, de acordo com a invenção, prevê, portanto, em relação à técnica anterior, de maneira nova, uma introdução progressiva de ar novo misturado aos gases quentes até atingir uma redução da temperatura dos gases para, em seguida, passar em uma fase de produção contínua autônoma de carvão vegetal pela introdução de ar comprimido até uma certa pressão proveniente de uma outra fonte. Os produtos obtidos, segundo o processo da invenção, estão a um teor muito elevado em carbono e podem ser, em seguida, utilizados na fabricação de biocombustíveis.

O interesse da invenção é, portanto, imediato pelo fato de utilizar a recuperação da biomassa agrícola não alimentícia de qualquer natureza que, por definição, é sempre existente e não ligada a fenômenos de mercado e porque permite obter produtos que constituem o carvão vegetal para aplicações como, por exemplo, a síntese de biocombustíveis.

Um outro interesse da invenção reside no fato de o gerador (1) de gases quentes, uma vez a colocação em produção estabelecida, ser desconectado do funcionamento da instalação de produção é autógena.

A produção de carvão, a partir de biomassa agrícola não alimentícia, fornece produtos inteiramente consideráveis na produção de energia pela utilização desse carvão vegetal em múltiplas aplicações diretas ou indiretas, como, por exemplo, a fabricação de

biocombustíveis, sem considerar as vantagens no plano do meio ambiente propriamente dito.

REIVINDICAÇÕES

1. Processo de fabricação de carvão vegetal de elevado teor em carbono, caracterizado pelo fato de utilizar as
5 seguintes fases:

a) o acionamento

- caracterização que é uma destilação pirolítica escalonada da biomassa correspondente à parte orgânica da
10 matéria, devido à circulação dos gases quentes na coluna (5) do reator (R), com evacuação da biomassa tratada pela base do reator, quando a temperatura T2 da camada de matéria acima da grade (4), diante do fundo do reator, atinge a temperatura T1 compreendida entre 350 e 400 °C dos
15 gases provenientes do gerador de gases quentes;

b) a transição

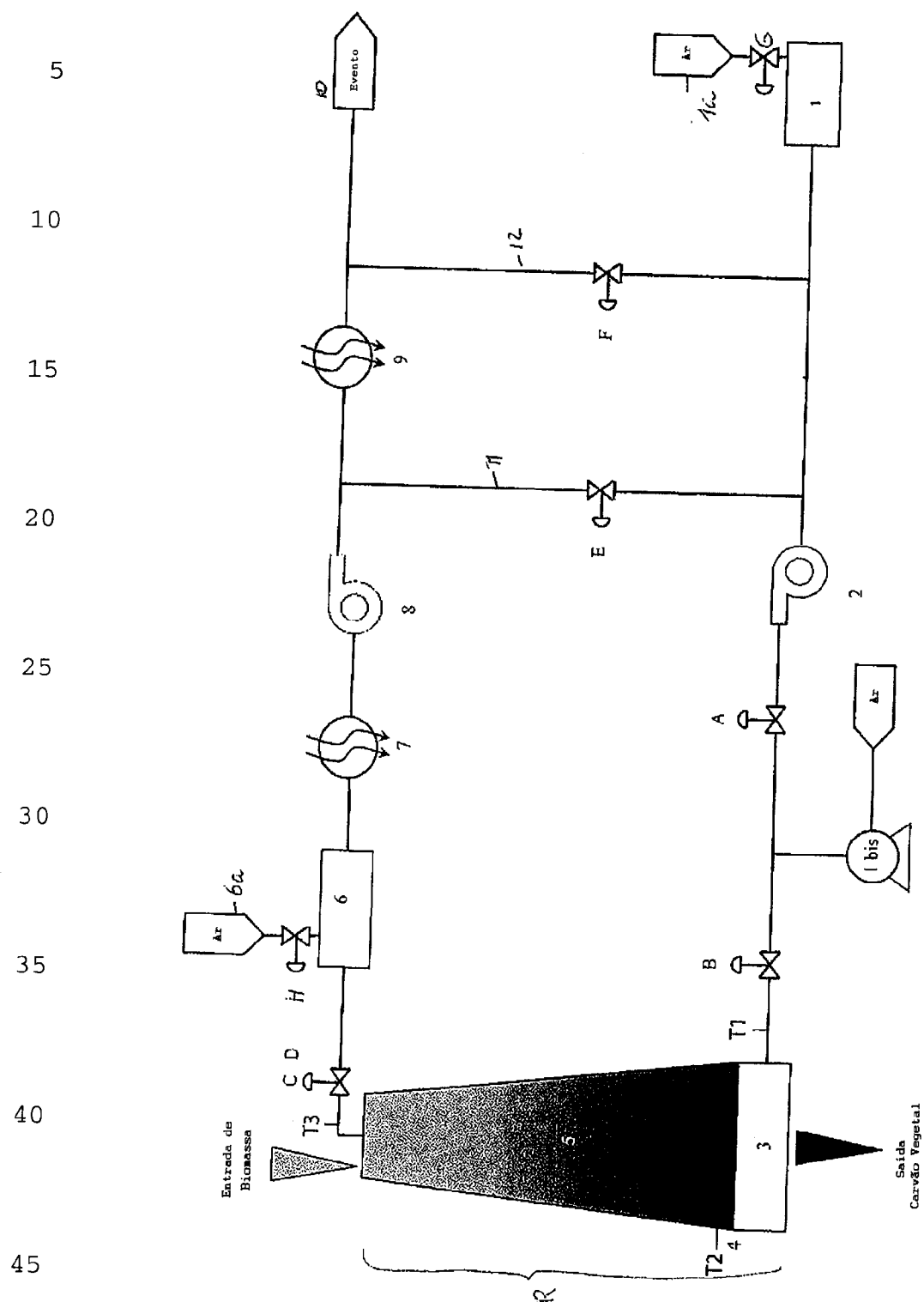
- aplicação progressiva em uma fase de transição da introdução de ar para o enriquecimento em oxigênio dos
20 gases quentes provenientes do gerador, a adjunção de ar permitindo oxidar os componentes voláteis que se acham embaixo da coluna a nível da grade e que têm funcionalidade, por um lado, diminuir a temperatura T1 dos gases do gerador e aumentar a temperatura T2, assim como a
25 quantidade de gases, devido à oxidação das matérias orgânicas e, por outro lado, provocar uma aceleração do processo de mineralização da biomassa;

c) a produção

- aplicação da fase de produção contínua e autônoma de carvão vegetal com substituição total dos gases quentes do gerador pela introdução exclusiva de ar comprimido na base da coluna, permitindo aumentar as transferências térmicas entre os gases e a biomassa, visando a obtenção de carvão vegetal de elevado teor em carbono e manter a temperatura T2 entre 600 °C a 700 °C na camada de biomassa que se situa exatamente acima da grade, introduzindo ar comprimido e procedendo à evacuação contínua da biomassa transformada em carvão vegetal durante o conjunto do processo operacional, isto permitindo atingir e manter em contínuo um ritmo acelerado de produção com acréscimo de biomassa no topo do reator, à medida que ocorre a evacuação do carvão vegetal através da grade embaixo da coluna, mantendo a temperatura T3 no topo da coluna abaixo de 65 °C.

2. Instalação de aplicação do processo de acordo com a reivindicação 1, que compreende meios para a aplicação das fases de acionamento e de produção, incluindo um gerador (1) de gases quentes pobres em oxigênio, a jusante, um ventilador (2) que aciona a superpressão de gases quentes na parte baixa do reator (R), o reator compreendendo uma coluna (5) de grande altura, cuja entrada superior permite o carregamento e introdução da biomassa em contínuo e em sua parte baixa, uma grade (4) de suporte e de evacuação da carga, e subjacente uma câmara (3) de injeção de gás, proveniente do gerador, e um mecanismo de recuperação dos produtos tratados, a instalação compreendendo, além disso, na saída gases frios no topo da coluna do reator, uma câmara térmica de pós-combustão (6) dos gases evacuados, um

trocador de calor (7), um ventilador (8), um segundo trocador de calor (9) e uma saída (10), e canalizações de ligação (11 - 12) permitindo a utilização da reciclagem dos gases com ligações entre o circuito definido pelos componentes, por um lado, e os componentes, por outro, é caracterizado pelo fato de a instalação compreender um outro circuito situado entre o reator (5) e o ventilador (2) que é definido por um grupo compressor (1bis), permitindo fornecer o ar sob pressão na fase particular de produção e a substituição total dos gases quentes provenientes do gerador pelo ar comprimido à temperatura ambiente.



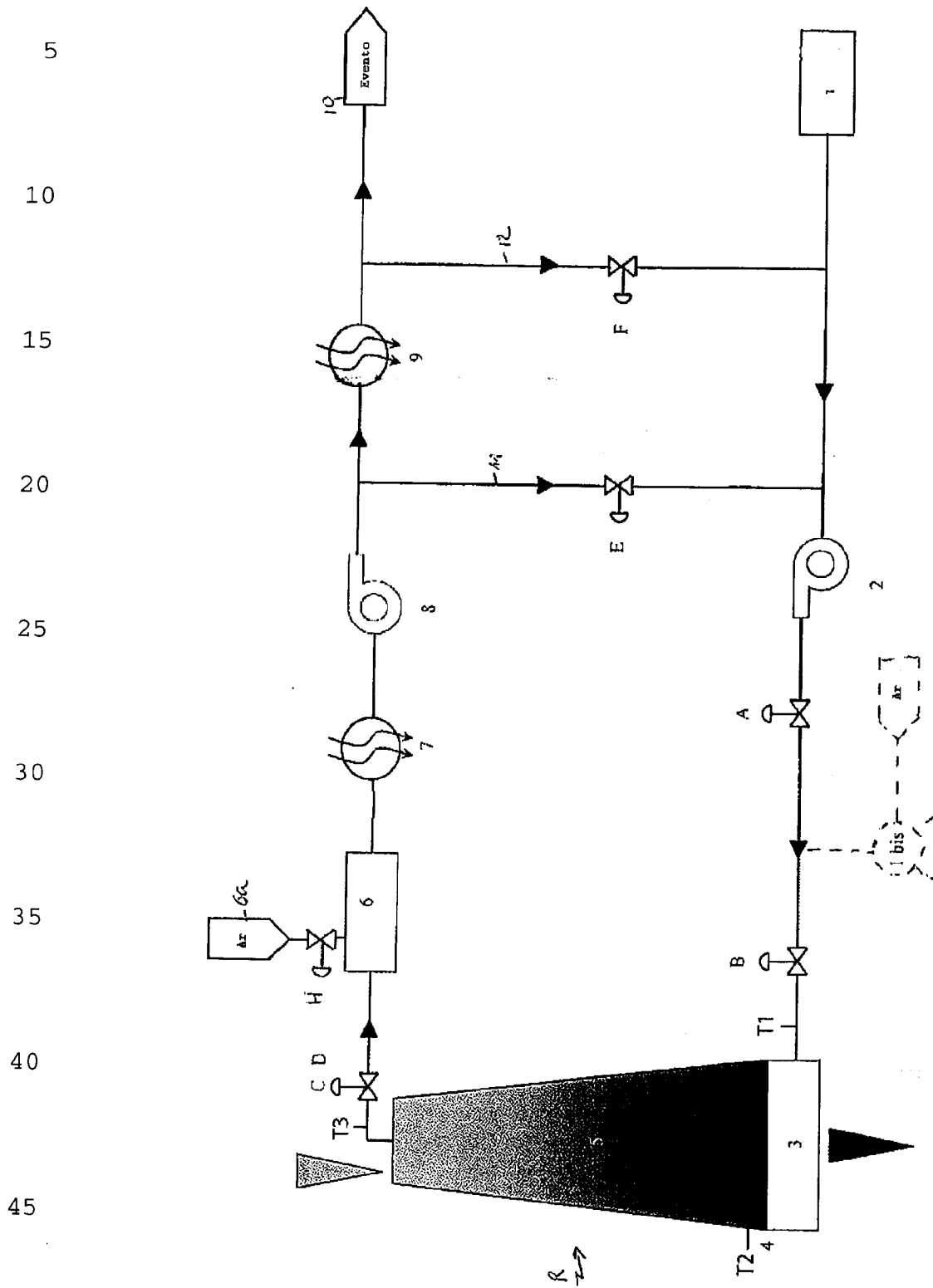


Figura 3

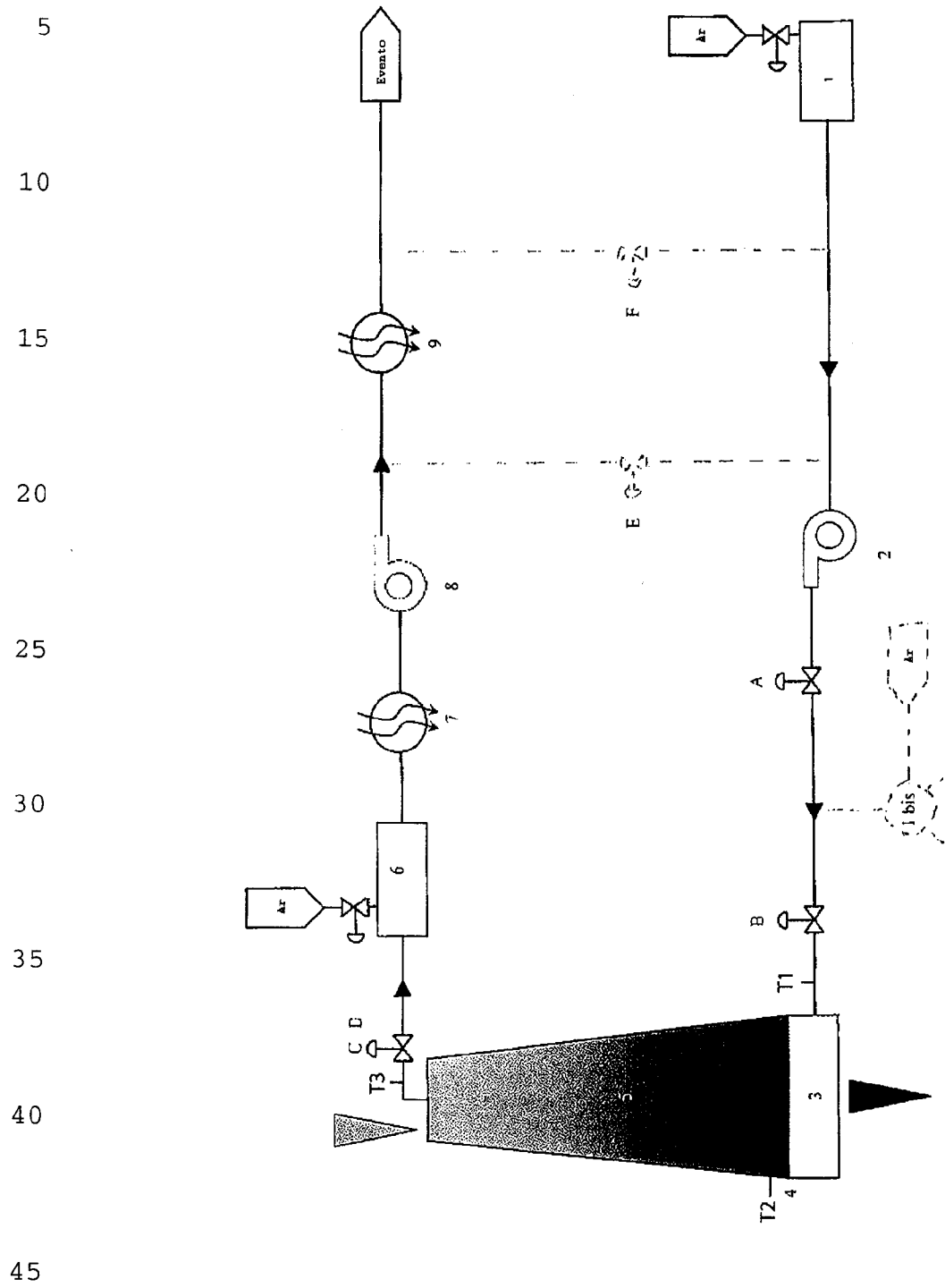


Figura 4

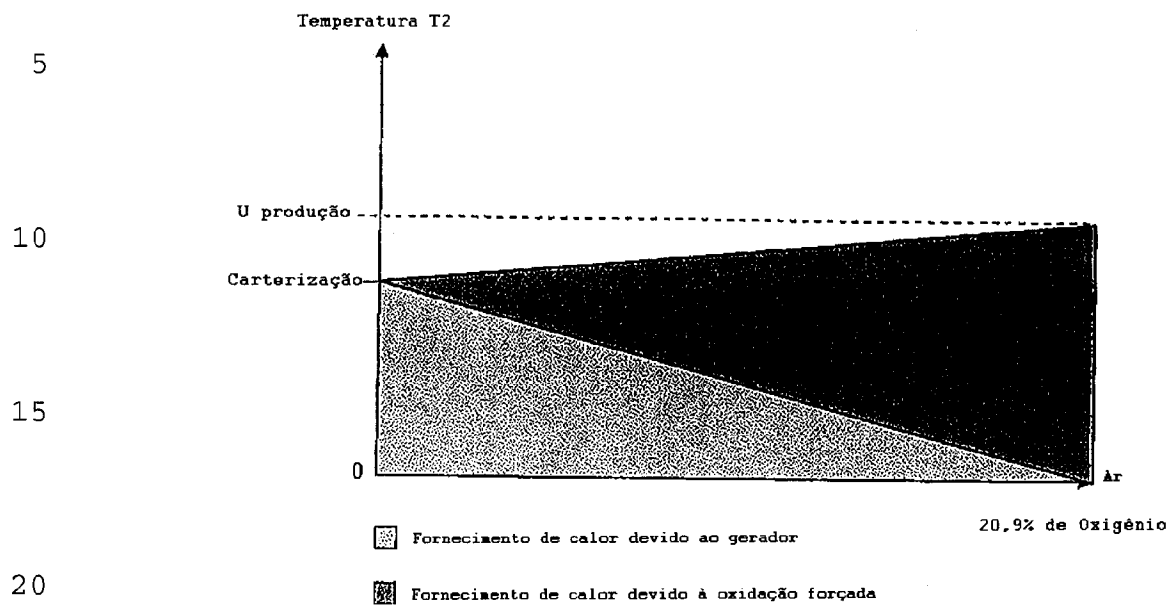


Figura 5

