



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

(11) PI 0703321-4 B1

(22) Data do Depósito: 30/07/2007

(45) Data de Concessão: 12/04/2016

(RPI 2362)



(54) Título: PROCESSO DE PREPARO DE UMA CARGA, CONTENDO BIOMASSA, VISANDO A UMA GASEIFICAÇÃO POSTERIOR

(51) Int.Cl.: C10J 3/00

(73) Titular(es): IFP

(72) Inventor(es): ERIC LEMAIRE, NICOLAS BOUDET

Relatório Descritivo da Patente de Invenção para "**PROCESSO DE PREPARO DE UMA CARGA, CONTENDO BIOMASSA, VISANDO A UMA GASEIFICAÇÃO POSTERIOR**".

Domínio da invenção

5 A presente invenção refere-se a um processo de preparo de uma carga, contendo matéria fibrosa lignocelulósica, sozinha ou em mistura com corte hidrocarbonado, visando a alimentar uma unidade de gaseificação. A unidade de gaseificação produz um gás que contém essencialmente monóxido de carbono e hidrogênio, conhecido do técnico pelo nome de gás
10 de síntese (*synthesis gas* ou *syngas*, segundo a terminologia anglo-saxônica). O gás de síntese permite em seguida recompor um conjunto de cortes hidrocarbonetos, notadamente um corte gasolina e um corte óleo combustível, por meio da síntese Fischer-Tropsch. O gás de síntese pode também ser utilizado como vetor, visando a produção de energia, ou como matéria-
15 prima para a produção de bases para a química e a petroquímica.

 A presente invenção não está ligada a uma utilização particular do gás de síntese, mas a uma das aplicações importantes da presente invenção se situa na cadeia de produção de hidrocarbonetos de síntese, notadamente gasolinas e óleo combustível, a partir de uma matéria-prima constituída pelo menos em parte de biomassa, mais precisamente de biomassa de
20 tipo lignocelulósica, da qual um exemplo são os cavacos de madeira. Podem se citar também os dejetos de tipo palha ou bagaço de cana-de-açúcar ou qualquer outro tipo de resíduos lignosos.

 Na seqüência do texto, utilizará-se como exemplo típico de carga lignocelulósica cavacos de madeira resultantes de cortes prévios. A etapa de corte não faz parte da presente invenção, mas pode, em caso de necessidade, lhe ser acrescentada a montante.

 Esses cavacos de madeira são geralmente entregues sob a forma de partículas de alguns centímetros e que podem conter até 40%
30 de água.

 A presente invenção permite otimizar o acondicionamento da matéria-prima, visando ao seu tratamento posterior em uma unidade de ga-

seificação, mas particularmente uma unidade de gaseificação em camada arrastada que necessita de um tamanho de partículas em entrada relativamente bem-calibrada.

5 Esse acondicionamento compreende uma redução de tamanho até atingir a faixa de tamanho conveniente ao tratamento em uma unidade de gaseificação em camada arrastada, mas também a constituição de uma mistura dessa carga com um corte hidrocarbonado visando a constituir uma suspensão de partículas de biomassa lignocelulósica dispersada nesse corte hidrocarboneto, essa suspensão de finas partículas sólidas em um líquido é
10 também, às vezes, denominada "slurry", segundo a terminologia anglo-saxônica. Com a preocupação de simplificação será utilizado o termo de suspensão na seqüência do texto.

 A suspensão assim formada poderá também compreender, além disso, partículas sólidas de biomassa, outras partículas sólidas de granulometria apropriada, tais como partículas de coque de petróleo ou partículas
15 de carvão. A constituição de uma suspensão de partículas de biomassa, eventualmente em mistura com outras partículas em um corte petrolífero faz também parte integrante da presente invenção.

Exame da técnica anterior

20 O técnico conhece processos de termólise, que operam a temperaturas de aproximadamente 250°C e tempos de permanência de alguns minutos, visando a preparar uma carga de tipo biomassa lignocelulósica para ser tratado em processos em camada fluidificada ou arrastada, e notadamente em uma unidade de gaseificação com camada arrastada. A termólise
25 suave, ou torrefação, modifica a estrutura da biomassa de tal maneira que as operações posteriores de moagem se acham então facilitadas, assim como a forma final das partículas sólidas obtidas que se aproximam de partículas esféricas.

 Um dos objetivos da presente invenção é de precisar os valores
30 de certos parâmetros, permitindo dimensionamento ótimo de um forno de torrefação adaptado ao tratamento da biomassa.

 A patente FR 2 678 850 da requerente descreve um forno de

pirólise adaptado ao tratamento dos restos de lixo caseiro. A matéria que entra nesse forno é de composição química e de densidade bastante diferente daquela da matéria lignocelulósica referido pela presente invenção. Com efeito, conforme mostra a tabela comparativa anexada, os dejetos de lixo caseiro apresentam um teor em oxigênio notavelmente mais baixo do que aquele dos dejetos vegetais e, por outro lado, um teor em cinzas da ordem de 30% em peso, enquanto que os dejetos vegetais não apresentam cinzas.

	Madeira (SEC)	Lixos caseiros (secas)
C (% em massa)	49,5	36,9
H (% em massa)	6	5,3
O (% em massa)	43	24,6
N (% em massa)	0,5	0,9
S (% em massa)	>0,1	0,3
Cl (% em massa)	0	1,6
Cinzas (% em massa)	1	30,4
PCI(MJ/kg)	18	14,8

Composição e PCI tipo de uma madeira e de uma amostra de lixos caseiros.

A patente US 4.787.917 descreve um processo de torrefação de madeira a uma temperatura compreendida entre 250°C e 280°C, de maneira a liberar bastonetes de comprimento compreendido entre 250°C e 280°C, de maneira a liberar bastonetes de comprimento compreendido entre 5 e 20 mm. O processo, de acordo com a presente invenção, libera partículas de tamanho inferiores a 200 microns, permitindo chegar à constituição de uma suspensão.

Descrição sumária das figuras

A figura 1 representa um esquema do processo de pré-tratamento, de acordo com a invenção, que serve de suporte à descrição detalhada a seguir. As linhas marcadas em pontilhado correspondem a elementos não obrigatórios.

Descrição sumária da invenção

A presente invenção refere-se a um processo de pré-tratamento de uma carga contendo pelo menos a matéria lignocelulósica, visando ao

seu tratamento posterior em uma unidade de gaseificação.

A matéria-prima é constituída de dejetos vegetais de tipo lignocelulósico, tais como cavacos de diversas essências de madeira. Essa matéria-prima pode estar disponível no estado de cavacos de dimensão típica
5 compreendida entre 0,5 cm e 2 cm, e com um teor em água compreendido entre 10% e 40% em peso.

A primeira etapa do processo, de acordo com a invenção, é uma secagem feita a uma temperatura inferior a 250°C, de preferência inferior a 200°C, permitindo chegar a um teor em água da biomassa a tratar de apro-
10 ximadamente 10% em peso, e limitando assim a emissão de COV nos vapores produzidos.

O pré-tratamento consiste em seguida em uma pirólise suave denominada na seqüência do texto de torrefação, feita em um forno de torrefação que libera uma matéria lignocelulósica modificada em sua estrutura, e
15 que é enviada em seguida em uma unidade de moagem.

A operação de torrefação é acompanhada de uma secagem que produz uma biomassa que tem um teor em água compreendido entre 2% e 4% em peso, e que, devido a modificações de estrutura, é tornado hidrófobo. Essa propriedade é interessante, à medida que ela previne qualquer aumen-
20 to posterior do teor em água da biomassa pré-tratada.

Além disso, a operação posterior de gaseificação pode necessitar de um fornecimento de água (para limitar a formação de sujeiras) e é então preferível que essa água seja fornecida do exterior e não provenha da própria biomassa. Com efeito, é conhecido que a biomassa é tanto mais re-
25 agente, quanto mais ela possuir uma taxa de umidade baixa. Portanto, é particularmente interessante introduzir na unidade de gaseificação uma biomassa com um teor em água tão baixo quanto possível.

As partículas de biomassa oriundas da etapa de torrefação são, em seguida, enviadas em uma etapa de moagem que permite atingir a granulometria desejada, visando a gaseificação posterior. A etapa de moagem é
30 consideravelmente facilitada pela etapa de torrefação que permite reduzir o consumo energético de pelo menos 60% em relação a uma moagem, sem

torrefação prévia.

Alguns exemplos não limitativos de matéria biomassa lignocelulósica são dados abaixo:

- resíduos de exploração agrícola (palha...);
- 5 - resíduos de exploração florestal (produtos resultantes da primeira clarão das florestas);
- produtos da exploração florestal;
- culturas consagradas (matos de curta rotação).

O processo de pré-tratamento de matéria de tipo biomassa lignocelulósica, de acordo com a presente invenção, supõe que a biomassa
10 esteja disponíveis em cavacos de tamanho compreendido entre 0,5 e 2 cm. Uma etapa de moagem primária ou de cortes em pedaços opcional é eventualmente necessária para atingir esse tamanho de cavacos.

O processo de pré-tratamento de matéria de tipo biomassa lignocelulósica, de acordo com a presente invenção compreende, portanto,
15 pelo menos as seguintes etapas:

- b) uma etapa de secagem primária feita a uma temperatura inferior a 250°C até mesmo inferior a 200°C;
- c) uma etapa de torrefação da matéria oriunda da etapa b),
20 essa torrefação é realizada uma temperatura compreendida entre 250 e 320°C, e, preferencialmente, entre 270 e 300°C, com um tempo de permanência compreendido entre 10 e 40 minutos, preferencialmente compreendido entre 15 e 30 minutos;
- d) uma etapa de moagem da matéria oriunda da etapa c),
25 permitindo liberar partículas de biomassa, cujo diâmetro é inferior a 200 microns, e, preferencialmente, inferior a 100 microns;
- e) uma etapa de constituição de uma suspensão que consiste em uma suspensão de partículas de biomassa oriundas
30 da etapa de moagem precedente, eventualmente em mistura com outras partículas hidrocarbonadas sólidas, em um

corte hidrocarbonado líquido, essa suspensão comportando entre 30 e 80% em massa de partículas sólidas e preferencialmente de 40% a 70%.

5 Esse processo pode compreender, além disso, antes da etapa de secagem primária uma etapa de moagem ou de corte em pedaços dessa matéria em pedaços de tamanho compreendido entre 0,5 e 2 cm.

No caso de uma suspensão constituída de uma mistura de partículas de biomassa e de outras partículas, tais como partículas de coque de petróleo, as proporções entre os diferentes tipos de partículas poderão ser
10 quaisquer umas, com, todavia, pelo menos 5% em peso de partículas de tipo biomassa na mistura.

O corte hidrocarboneto utilizado para a etapa de constituição da suspensão poderá ser um corte dito resíduo sob vácuo, ou um corte oriundo de uma unidade de craqueamento catalítico, ou mesmo mais geralmente um
15 corte hidrocarbonado que pode ser bombeado nas condições de estocagem padrão. O corte hidrocarboneto, que permite constituir essa suspensão, pode também ser uma mistura em qualquer proporção, dos diversos cortes citados. Trata-se preferencialmente de cortes "pesados", no sentido de o respectivo ponto de ebulição inicial ser, de preferência, superior a 350°C.

20 A suspensão assim constituída poderá ser utilizada como carga de alimentação de uma unidade de gaseificação em camada arrastada, visando a produzir um gás de síntese.

Descrição detalhada da invenção

Nessa parte do texto, da-se uma descrição de um modo de realização do processo, de acordo com a invenção por meio da figura 1. Nessa
25 figura, os elementos facultativos aparecem em pontilhado.

A carga lignocelulósica A (fluxo 1) sofre uma etapa opcional de moagem grosseira ou em corte em pedaços, no moedor primário (B) opcional que leva eventualmente o tamanho das partículas de biomassa a valores
30 compreendidos entre 0,5 e 2 cm. Na saída dessa etapa de corte em pedaços, a carga alimenta a unidade secagem C (fluxo 2).

O objetivo da unidade de secagem C é de reduzir a umidade da

carga para se obter um teor em água dessa carga inferior a 20% em peso, e preferencialmente inferior a 10% em peso.

A título de exemplo, umas das tecnologias de secagem as mais eficazes para o tipo de carga considerado é a secagem convectiva por troca direta com um gás quente, esse gás quente pode ser o ar preaquecido ou fumaças de combustão. Nessa tecnologia, a unidade de secagem C é, portanto, alimentada pela carga a secar (fluxo 2) e o gás quente (18), cuja temperatura deve permanecer inferior a 250°C, para evitar qualquer risco de incêndio no secador. O fluxo de carga secada (fluxo 3) alimenta a unidade de torrefação (D).

O fluxo gasoso utilizado para a operação de secagem (18) é resfriado, quando da secagem, e se carrega de vapor de água (correspondente à quantidade de água eliminada na carga biomassa), e de alguns compostos orgânicos voláteis (COV) e compostos inorgânicos arrastados (CIE). Esse fluxo (19) é geralmente lançado na atmosfera. No caso de o fluxo (18) ser constituído de ar quente, o fluxo (19) pode ser enviado como ar comburente na câmara de combustão (F).

No forno de torrefação (D), a carga é levada a uma temperatura compreendida entre 250°C e 320°C, o tempo de permanência no forno estando compreendido entre 10 e 40 minutos e preferencialmente entre 15 e 30 minutos.

O forno de torrefação (D) é, de preferência, um forno giratório cilíndrico, aquecido por meio de um duplo envoltório, no qual circulam fumaças quentes (9), o forno giratório terá preferencialmente uma relação comprimento sobre diâmetro inferior a 10, e de maneira ainda preferida uma relação comprimento sobre diâmetro compreendida entre 3 e 8.

O regime de escoamento da biomassa no interior do forno giratório é preferencialmente dito de rolamento ("Rolling", segundo a terminologia anglo-saxônica) caracterizado pelo fato de, por uma superfície plana da camada de biomassa, essa superfície tendo um ângulo de inclinação em relação à horizontal superior ou igual ao ângulo de repouso dinâmico. O ângulo de inclinação da superfície da biomassa no interior do forno de torrefa-

ção é, preferencialmente, no máximo de 10 graus superior ao ângulo de repouso dinâmico e, mais preferencialmente, no máximo de 5 graus superior ao ângulo de repouso dinâmico.

Essa característica corresponde geralmente a uma velocidade de rotação do forno compreendida entre 0,5 e 10 rpm, e, preferencialmente, compreendida entre 1 e 5 rpm.

O ângulo de repouso dinâmico de uma camada de sólido granular é definido como o ângulo a partir do qual as partículas, situadas na parte superior da camada de sólido considerado, começam a rolar ao longo da superfície dessa camada.

A operação de torrefação produz um fluxo de biomassa seco (fluxo 4), cuja taxa de unidade residual é da ordem de 3% em peso, hidrófoba e facilmente triturável.

A etapa de torrefação gera também um fluxo gasoso oriundo da própria biomassa, que é extraída à saída do forno (fluxo 7), compreendendo notadamente água, dióxido de carbono, monóxido de carbono, e uma grande variedade de compostos orgânicos oxigenados (tais como o metanol, o ácido fórmico, o ácido láctico, o furfural, a hidroxil acetona).

O fluxo gasoso (7) é queimado em uma câmara de combustão (F), que utiliza um fluxo de ar como comburente (fluxo 8). As fumaças quentes (fluxo 9) oriundas da câmara de combustão (F) entram no duplo envoltório do forno de torrefação (D) para fornecer a potência térmica necessária ao forno. Na saída do duplo envoltório, as fumaças resfriadas são lançadas na atmosfera (fluxo 10).

A biomassa torrada (fluxo 4) é em seguida moída em um moedor final (E) que permite liberar, mediante um baixo custo energético, uma carga biomassa sob a forma de partículas inferiores a 200 microns, e, preferencialmente, inferior a 100 microns (fluxo 5), permitindo a constituição de uma suspensão adaptada, para constituir a carga de uma unidade de gaseificação em camada arrastada (não indicado na figura 1).

A constituição de uma suspensão (17) consiste em obter uma mistura homogênea das partículas da biomassa (fluxo 5) em suspensão em

um corte hidrocarbonado líquido de tipo resíduo sob vácuo (RSV) bombeado a partir de uma estocagem A' (fluxo 6).

5 A biomassa torrada e moída (fluxo 5) é transportada do moedor (E) para a zona de preparo da suspensão por um sistema de transporte pneumático com o nitrogênio (fluxo 12).

O sistema de preparo da suspensão é constituído de 3 reservatórios agitados (B1a, B1b e B1c) em paralelo munidos, cada um, de uma bomba de recirculação (P1a, P1b e P1c). O fluxo 5 e o fluxo 6 são inicialmente misturados grosseiramente para constituir o fluxo 11.

10 Esse fluxo (11) é em seguida enviado para um dos três reservatórios, por exemplo B1a, a válvula V1a sendo aberta e V2a fechada. Ao mesmo tempo, um dos reservatórios é isolado, por exemplo B1b, graças às válvulas V1a e V2b que são fechadas.

15 A bomba P1b em funcionamento permite a homogeneização do sólido e do líquido contido no reservatório B1b. Com efeito, uma boa homogeneidade da carga é primordial, quando de sua injeção nos queimadores da unidade de gaseificação. Para isto, a bomba P1b funciona, de preferência, com uma vazão que permite a circulação de pelo menos três vezes e de maneira mais preferida de pelo menos aproximadamente cinco vezes o volume do balão B1b por hora.

Enfim, no mesmo tempo, o balão B1c alimenta a unidade de gaseificação, graças à bomba P2, a bomba P1c estando sempre em funcionamento, a válvula V1c sendo fechada e V2c aberta.

25 Esse sistema permite, portanto, ter permanentemente um primeiro balão em modo enchimento, um segundo balão em modo homogeneização e um terceiro balão em modo alimentação da unidade de gaseificação. Com efeito, quando o balão em modo alimentação está vazio, ele é substituído pelo balão que estava em modo homogeneização no período precedente, o qual é substituído pelo balão que estava em modo carregamento. O
30 balão modo alimentação vazio se acha em posição de carregamento.

Notar-se-á enfim que os balões são munidos de uma desgaseificação para permitir a eliminação do nitrogênio de transporte do sólido (fluxo

13).

A suspensão pode eventualmente comportar, além disso, partículas de biomassa de outros tipos de partículas, tais como, por exemplo, partículas de coke de petróleo ou partículas de carvão. Falar-se-á a título de exemplo de partículas de coke de petróleo.

O fluxo de partículas de coke de petróleo (fluxo 20) é extraído de sua estocagem (capacidade A''), depois é misturado com o fluxo de partículas de biomassa exatamente antes do transporte pelo nitrogênio.

A seqüência do esquema é idêntica ao esquema que utiliza unicamente as partículas de biomassa como sólido.

A suspensão assim constituída, seja unicamente a partir de partículas de biomassa, seja em mistura com outras partículas sólidas, tais como as partículas de coke ou mesmo de carvão, tem um teor global em partículas sólidas que representa de 30 a 70% em peso.

REIVINDICAÇÕES

1. Processo de pré-tratamento de matéria de tipo biomassa lignocelulósica, que compreende pelo menos as seguintes etapas:

- 5 b) uma etapa de secagem primária feita a uma temperatura inferior a 250°C;
- c) uma etapa de torrefação da matéria oriunda da etapa b), essa torrefação é realizada a uma temperatura compreendida entre 250 e 320°C, com um tempo de permanência compreendido entre 10 e 40 minutos;
- 10 d) uma etapa de moagem da matéria oriunda da etapa c), permitindo liberar partículas de biomassa, cujo diâmetro é inferior a 200 microns; e
- e) uma etapa de constituição de uma suspensão que consiste em uma suspensão de partículas de biomassa oriundas da etapa de moagem, eventualmente de outras partículas hidrocarbonadas sólidas, em um corte hidrocarbonado líquido, essa suspensão comportando entre 30 e 80% em peso de partículas sólidas.
- 15

2. Processo de pré-tratamento, de acordo com a reivindicação 1, que compreende, além disso, antes da etapa de secagem primária, uma etapa a) de moagem ou de corte em pedaços dessa matéria em pedaços de tamanho compreendido entre 0,5 e 2 cm.

20

3. Processo de pré-tratamento, de acordo com uma das reivindicações precedentes, no qual a etapa de torrefação é realizada a uma temperatura compreendida entre 270°C e 300°C com um tempo de permanência compreendido entre 15 e 30 minutos.

25

4. Processo de pré-tratamento, de acordo com uma das reivindicações precedentes, no qual a etapa de torrefação é realizada em um forno giratório de relação comprimento sobre diâmetro inferior a 10, e preferencialmente compreendido entre 3 e 8.

30

5. Processo de pré-tratamento, de acordo com uma das reivindicações precedentes, no qual a etapa de moagem libera partículas de bio-

massa, cujo diâmetro é inferior a 100 microns.

5 6. Processo de pré-tratamento, de acordo com uma das reivindicações precedentes, no qual a etapa de torrefação é realizada em um forno giratório, cuja velocidade de rotação está compreendida entre 0,5 rpm e 10 rpm, e, preferencialmente, compreendida entre 1 e 5 rpm.

10 7. Processo de pré-tratamento, de acordo com uma das reivindicações precedentes, no qual o corte hidrocarboneto utilizado para a etapa de constituição de suspensão é um corte dito resíduo sob vácuo ou um corte oriundo de uma unidade de craqueamento catalítico ou uma mistura qualquer desses cortes.

8. Processo de pré-tratamento, de acordo com uma das reivindicações precedentes, no qual a suspensão comporta de 40 a 70% em peso de partículas sólidas.

15 9. Processo de pré-tratamento, de acordo com uma das reivindicações precedentes, no qual a suspensão é constituída ao mesmo tempo de partículas de biomassa e de partículas de coque de petróleo em quaisquer proporções com pelo menos 5% em peso de partículas de biomassa na mistura.

20 10. Processo de pré-tratamento, de acordo com uma das reivindicações precedentes, no qual a etapa de constituição da suspensão é realizada a partir de três reservatórios de estocagem que funcionam alternadamente, o primeiro em modo carregamento, o segundo em modo homogeneização, e o terceiro em modo alimentação da unidade de gaseificação.

25 11. Utilização da biomassa, oriunda do processo de pré-tratamento, como definido em uma das reivindicações precedentes, como carga para uma unidade de gaseificação em camada arrastada, visando produzir um gás de síntese.

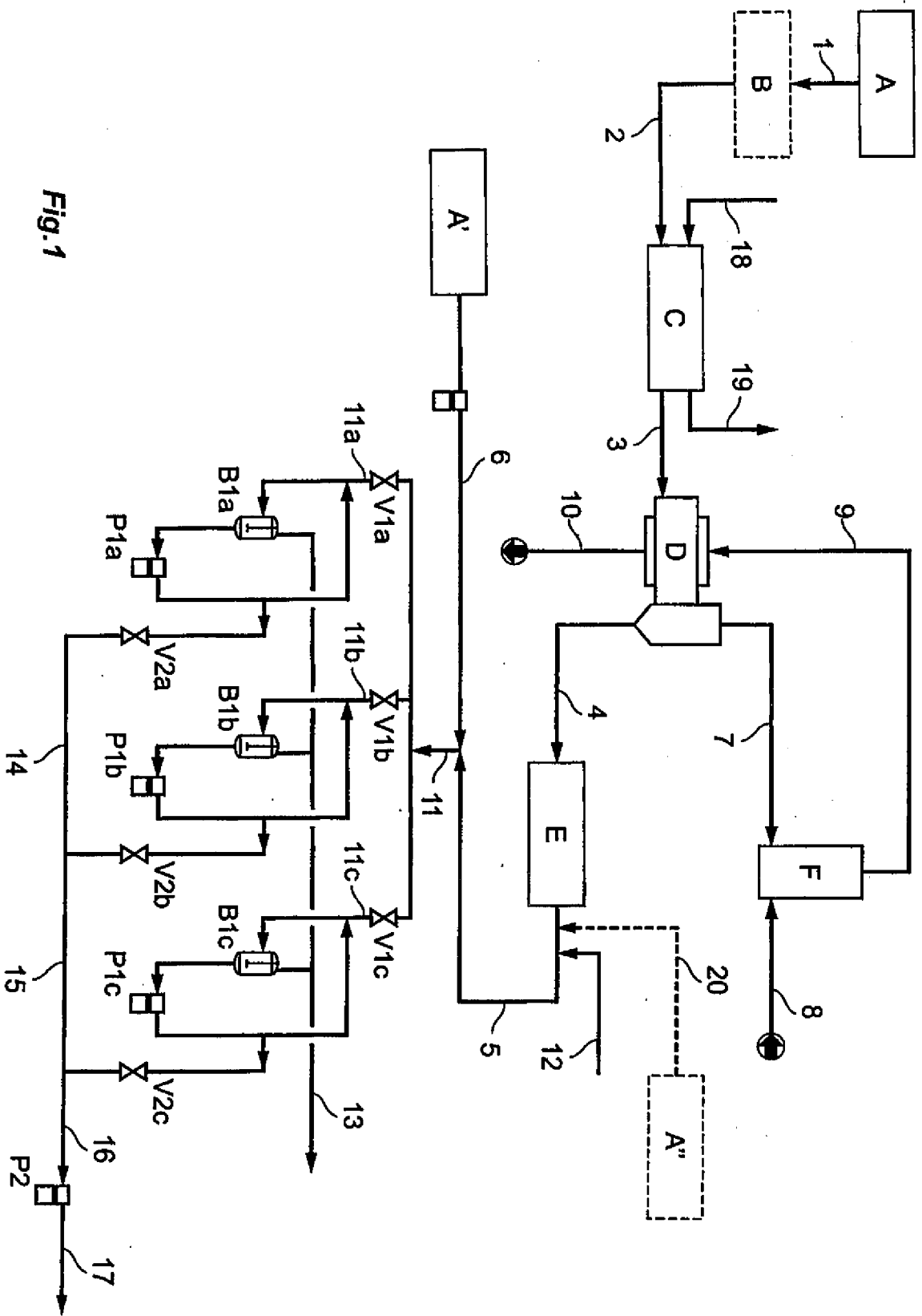


Fig. 1

RESUMO

Patente de invenção: **"PROCESSO DE PREPARO DE UMA CARGA, CONTENDO BIOMASSA, VISANDO A UMA GASEIFICAÇÃO POSTERIOR"**.

5 A presente invenção refere-se a um conjunto de etapa, visando a preparar uma carga sólida de tipo biomassa lignocelulósica, sozinha ou em mistura com uma fase líquida hidrocarbonada, visando a alimentar uma unidade de gaseificação dessa carga. As diferentes etapas compreendem uma secagem, uma torrefação, uma moagem e a constituição de uma suspensão das partículas de biomassa em corte hidrocarboneto.