



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

(21) **PI0609477-5 A2**

(22) Data de Depósito: 23/03/2006
(43) Data da Publicação: 04/01/2011
(RPI 2087)



* B R P I 0 6 0 9 4 7 7 A 2 *

(51) Int.Cl.:

C10J 3/00
C01B 3/34
C01B 3/36
C01B 3/38
C01B 3/24
C01B 3/50

(54) Título: **UNIDADES DE PRODUÇÃO DE GÁS DE SÍNTESE E RESPECTIVO MÉTODO DE PRODUÇÃO**

(30) Prioridade Unionista: 23/03/2005 ZA 2004/7676

(73) Titular(es): UNIVERSITY OF THE WITWATERSRAND,
JOHANNESBURG

(72) Inventor(es): BRENDON HAUSBERGER, DAVID GLASSER,
DIANE HILDEBRANDT

(74) Procurador(es): Hugo Silva & Maldonado Prop.
Intelectual

(86) Pedido Internacional: PCT IB2006000651 de 23/03/2006

(87) Publicação Internacional: WO 2006/100572 de 28/09/2006

(57) Resumo: Unidades de Produção de Gás de Síntese e Respectivo Método de Produção Resumo É provido um método de produção de gás de síntese, que inclui combinar o produto de uma reação de gasificação de carvão com o produto de uma reação de reforma do metano. As reações de gasificação do carvão e de reforma do metano podem ocorrer no mesmo vaso ou em vasos separados.

pi 0609477-5

**“Unidades de Produção de Gás de Síntese
e Respectivo Método de Produção”**

Relatório Descritivo

Campo da Invenção

5 Esta invenção refere-se a método de produção de gás de síntese.

Histórico da Invenção

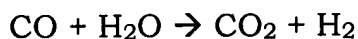
O “gás de síntese” ou “*syngas*”, na sigla em inglês, é uma mistura de monóxido de carbono (CO) e hidrogênio (H₂), tipicamente quando produzida na razão molar CO:H₂ de 1:3 ou 1:1.

10 Atualmente, o gás de síntese é produzido de duas maneiras: a partir de carvão por gasificação com oxigênio, geralmente oriundo do ar e da água; ou a partir do metano por reforma com oxigênio (conhecida como reforma térmica ou reforma oxidativa parcial) ou água.

15 As reações químicas associadas com a formação de gás de síntese a partir do carbono, geralmente oriundo do carvão, são as seguintes:



20 A razão CO:H₂ produzida dessa forma pode não ser correta para uso em processos de síntese a jusante (*a jusante (downstream)*). A reação de deslocamento do equilíbrio gás-água, como descrita abaixo, é, portanto, usada para ajustar a razão CO:H₂.



25

Esse ajuste resulta na emissão de CO₂ ou água, dependendo do ajuste necessário.

De maneira similar, para o metano, o *syngas* pode ser produzido

De acordo com esta invenção, provê-se um método de produção de gás de síntese que inclui combinar o produto da reação de gaseificação do carvão com o produto da reação de reforma do metano.

Outra característica da invenção é proporcionar a razão de carvão introduzido na reação de gaseificação do carvão em relação ao gás natural introduzido na reação de reforma do metano, que é variada para produzir gás de síntese com uma composição pré-determinada.

De acordo com um aspecto da invenção, a reação de gaseificação do carvão ocorre separadamente da reação de reforma de metano e os produtos das reações separadas são combinados.

Além disso, de acordo com esse aspecto da invenção, pelo menos o produto da reação de gaseificação tem seus componentes indesejáveis retirados antes da combinação com o produto da reação de reforma do metano; alternativamente ou em conjunto com a remoção de componentes indesejáveis do gás de síntese após a produção deste. De acordo com um segundo aspecto, a reação de gaseificação do carvão ocorre no mesmo recipiente que a reação de reforma do metano.

Além disso, de acordo com esse aspecto da invenção, os componentes indesejáveis são removidos do gás de síntese após a produção deste.

A invenção também provê uma unidade de produção de gás de síntese, a qual inclui uma carga de alimentação de carvão e uma de gás natural e direciona a carga de carvão para a reação de gaseificação e a de gás natural para a reação de reforma do metano.

Outra característica da invenção permite que a reação de gaseificação e a reação de reforma ocorram simultaneamente.

De acordo com um aspecto da invenção, a reação de gaseificação ocorre em um recipiente diferente do usado na reação de reforma.

Além disso, de acordo com esse aspecto da invenção, a unidade

inclui meios para combinar os produtos da reação de gaseificação e da reação de reforma; e para remover componentes indesejáveis do produto da reação de gaseificação.

De acordo com um segundo aspecto da invenção, a reação de gaseificação ocorre no mesmo recipiente que a reação de reforma.

Além disso, de acordo com esse aspecto da invenção, a unidade inclui meios para remover componentes indesejáveis do gás de síntese produzido.

Descrição das Modalidades da Invenção

Embora processos de gasificação do carvão venham sendo usados para a produção de gás de síntese devido aos benefícios, em termos de custos, de se usar carvão como material inicial, esses processos são, pela sua própria natureza, ineficientes quanto ao consumo de energia e produzem um grande volume de emissões de dióxido de carbono. De acordo com a presente invenção, o produto do processo de reforma do metano é combinado com aquele proveniente da reação de gaseificação do carbono. Sabe-se que a combinação dos produtos da reação de reforma do metano e da reação de gaseificação do carbono permite o uso mais eficiente dos recursos de carvão e metano, ao mesmo tempo em que reduz o impacto ambiental por tonelada de produto produzido.

Demonstrou-se que a combinação dos produtos das reações do metano e do carvão resulta em um efeito sinérgico mesmo com pequenas adições de metano ao processo. Esse benefício resulta tanto do calor preferencial da combustão do metano quanto da capacidade de ajustar a razão carbono:hidrogênio. Os benefícios incluem:

- menores emissões de dióxido de carbono;
- a redução ou eliminação da necessidade de reação de deslocamento de equilíbrio gás-água;
- a capacidade de reduzir ou equilibrar os requisitos energéticos

das reações e dos processos *a jusante (downstream)*;

- melhor economia de processo; e
- redução do equipamento necessário.

Esses benefícios resultam principalmente da redução das emissões de dióxido de carbono e é esse aspecto em particular que é um resultado inesperado da combinação dos produtos das reações de gaseificação e reforma.

Condições do Processo:

A gaseificação do carvão é realizada numa faixa de temperatura que vai de 500 a 1.200°C e de pressão atmosférica até 70 bars para diversas modalidades comerciais. Qualquer uma dessas seria apropriada para aplicação em modalidades de gaseificação separada. O processo de gaseificação pode usar oxigênio puro ou uma carga de alimentação de ar enriquecida ou padrão.

As tecnologias padrão de reforma de metano operam na faixa de temperatura entre 700 e 1.100°C, e utilizam oxigênio (reformadores de oxidação parcial) ou vapor e oxigênio (reformadores a vapor).

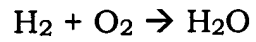
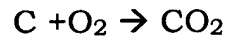
A razão de carvão para gás natural usada seria variada de acordo com a composição pré-determinada do gás de síntese a ser produzido. Isso permite economizar significativamente no processamento a jusante (*downstream*) do gás de síntese, já que permite que o gás de síntese seja produzido com uma composição pretendida. A temperatura do processo pode ser ajustada por meio da reação de deslocamento de equilíbrio gás-água para alterar as razões de hidrogênio, monóxido de carbono.

Reações que Ocorrem

Reação de Gasificação do Carvão

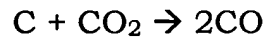
As reações abaixo não incluem a reação de pirólise e secagem que aconteceria na unidade.



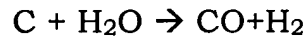


Essas reações são exotérmicas e produzem a energia necessária
5 por meio das reações de redução endotérmica, pirólise e craqueamento.

Reações de Redução



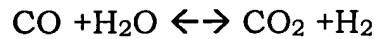
10



Outras reações que ocorrem no gaseificador de carvão incluem:

Deslocamento de Equilíbrio Gás-Água

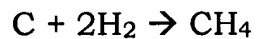
15



Formação de Metano

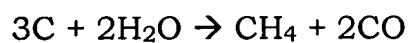
Reações Exotérmicas de Formação de Metano

20

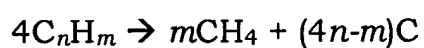


Reações Endotérmicas de Formação de Metano

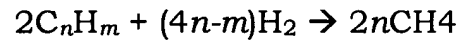
25



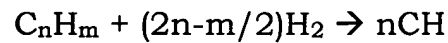
Reações de Craqueamento



Hidrogenação



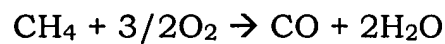
5 Hidrogenação:



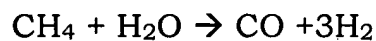
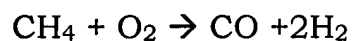
Reações de Reforma do Metano

Combustão do metano para gerar a energia necessária para o pro-

10 cesso:



15 Reações de reforma



20 Além disso, sabe-se que a reação de deslocamento de equilíbrio gás-água descrita acima ocorre nos reformadores de metano.

O efeito líquido dessas reações é exotérmico, eliminando, assim, a necessidade de adicionar energia ao processo. Isso resulta numa significativa economia de energia, quando se compara com os processos indivi-

25 duais conhecidos.

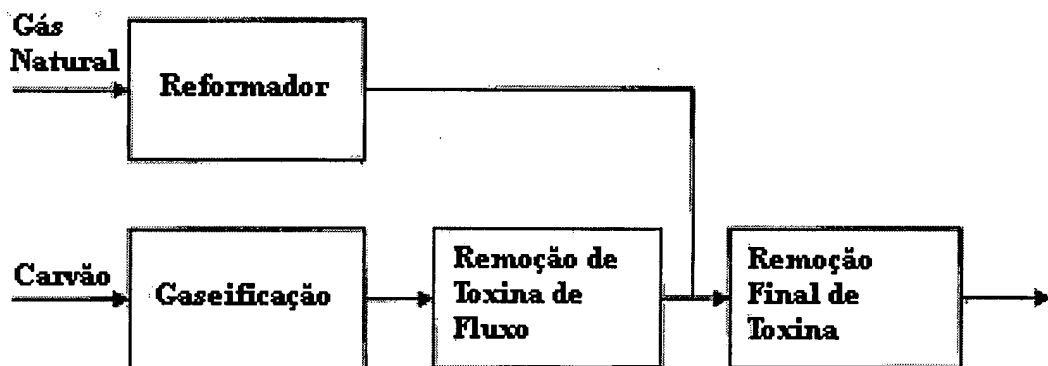
Exemplos de Processos

As reações de reforma e de gaseificação podem ser realizadas em recipientes separados ou em um único recipiente. Embora haja vantagens de economia de escala em se realizar essas reações em um único

recipiente, há custos para o processo. O fluxo produto oriundo da gaseificação do carvão é, em geral, mais rico em produtos de sulfeto e outros componentes indesejáveis do que o produto da reforma do metano. Geralmente, é necessário remover esses componentes antes de qualquer

5 processamento posterior do gás de síntese, de maneira a evitar a contaminação dos leitos catalisadores a jusante (*downstream*). Devido às diferenças entre os fluxos de gaseificação e de produto, há vantagens tanto na fusão dos processos quanto na separação. Nos casos em que a tecnologia de purificação de gás for mais apropriada para a remoção de

10 toxina concentrada, pode ser preferível a separação da gaseificação do carvão e da reforma do metano e a limpeza separada desses fluxos antes da fusão. Um diagrama de fluxo simples desse processo é mostrado na **Figura 1**.



15

Figura 1

Deve ficar entendido que a reação de reforma e a reação de gaseificação podem acontecer simultaneamente ou em tempos diferentes.

20

Alternativamente, nos casos em que é selecionada uma tecnologia de purificação de gás que funcionaria preferencialmente com uma composição mais baixa de toxina, a integração das reações de reforma e de gaseificação diminuiria as toxinas até o ponto em que a tecnologia pode ser aplicada, como mostrado no diagrama de fluxo na **Figura 2**.

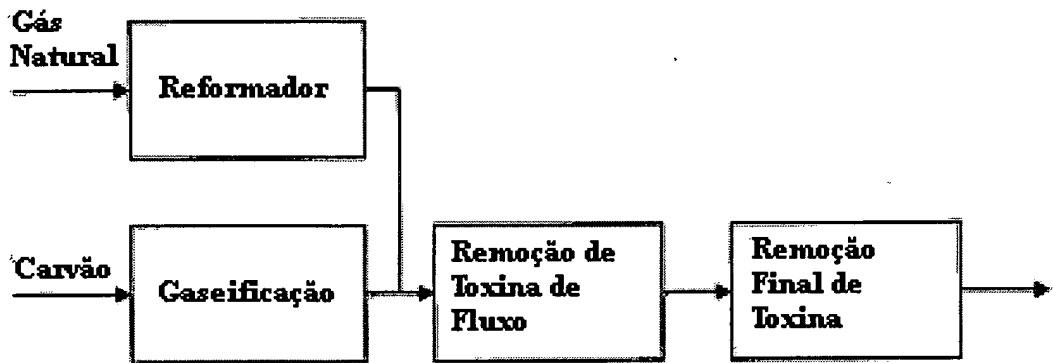


Figura 2

5 Ambas essas combinações de processo permitiriam a produção de qualquer razão de monóxido de carbono, ao mesmo tempo em que fazem o uso ótimo da tecnologia de purificação de gás.

Uma terceira opção, que requer o desenvolvimento de tecnologia apropriada, permite a gaseificação do carvão e a reforma do metano no mesmo recipiente. Um diagrama de fluxo simples desse processo é
10 fornecido na **Figura 3**.

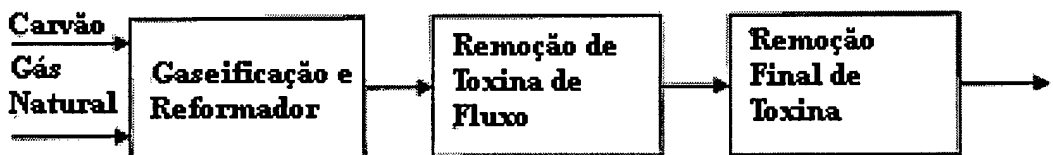


Figura 3

15 Os exemplos acima ilustram outro aspecto da invenção, a unidade para a produção do gás de síntese. A unidade é caracterizada pela inclusão de uma alimentação de carvão e de uma alimentação de gás natural e por submeter a alimentação de carvão a uma reação de gaseificação e a alimentação de gás natural a uma reação de reforma do meta-
20 no. Essas reações podem ocorrer em recipientes separados, como ilustrado nas Figuras 1 e 2, ou em um único recipiente, como ilustrado na Figura 3.

Quando a reação ocorrer em recipientes separados, a unidade incluirá os meios para combinar os produtos da reação. Ela também incluirá os meios para remover componentes indesejáveis de um ou ambos os fluxos-produto. A unidade incluirá ainda os meios para variar a razão da alimentação de carvão em relação à alimentação de gás natural, de maneira a permitir a produção de um gás de síntese de composição pré-determinada. Isso permitirá que a composição do gás de síntese seja adaptada para servir aos processos a jusante (*downstream*).

Processos a Jusante (*downstream*)

São muitos os processos a jusante (*downstream*) em que o gás de síntese pode ser usado. Eles incluem a produção de hidrocarbonetos, como metanol, e a produção de complexos nitrogênio-hidrogênio, como amônia. Descobriu-se que a integração dos processos a jusante (*downstream*) para produzir hidrocarbonetos e complexos nitrogênio-hidrogênio pode gerar economias ainda maiores no consumo de energia e na emissão de dióxido de carbono. Essas cifras podem ser reduzidas até quase zero pela combinação ou integração ótima dos processos. Assim, a energia dos processos exotérmicos é usada para suprir os processos endotérmicos em uma situação neutra de energia. Da mesma forma, o dióxido de carbono emitido por um dos processos é reciclado para outros processos, minimizando ou eliminando, assim, qualquer excesso de dióxido de carbono que tenha de ser liberado na atmosfera. A integração dos processos de produção de gás de síntese com aqueles para a produção de complexos nitrogênio-hidrogênio, como a amônia, tem a vantagem adicional de que ambos os componentes principais do ar, oxigênio e nitrogênio, são usados nos processos integrados.

Os exemplos a seguir ilustram os possíveis cenários de processos a jusante (*downstream*). Nos exemplos, “Gaseificação/Reformador e Limpeza” refere-se às etapas de “Reformador”, “Gaseificação”, “Remoção

de Toxina do Fluxo” e “Remoção Final de Toxina” nas Figuras 1 a 3.

Exemplos

Todos os equilíbrios de massa reportados são baseados a uma alimentação de 100 mol/s de carvão (simplificada para o seu conteúdo de carbono apenas) e podem ser escalonados nessa base. Os processos são projetados para necessitarem teoricamente apenas de produto de alimentação. Isso não leva em conta ineficiências nas trocas de calor.

Apenas Produtos Tipo Fischer Tropsch (“FT”)

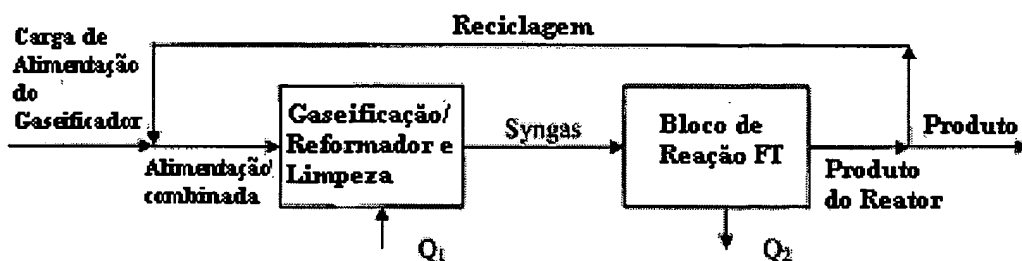
Essas taxas de fluxo são apenas indicativas e não incluem os contaminantes usuais de um processo de gaseificação e reforma, como H₂S e mercúrio, entre outros.

Essa planilha de fluxo simplificada também desconsidera as etapas de remoção de toxina, já que essas são tecnologias estabelecidas e licenciadas.

Para os equilíbrios molares e de massa mostrados nas Tabelas 1 e 2, o produto é caracterizado como um fluxo de octanos. Isso é representativo de uma distribuição de produto correspondendo a um alfa entre 0,86 e 0,88. Para um alfa entre 0,84 e 0,86 (representativo do produto heptano), usar-se-iam os valores nas Tabelas 4 e 5; e para um valor entre 0,81 e 0,84, poderia usar-se hexano como fluxo-produto representativo e obter-se os valores nas Tabelas 7 e 8. Os fluxos de entalpia são fornecidos nas Tabelas 2, 5 e 8, respectivamente. As cargas de energia da unidade fornecidas nas Tabelas 3, 6 e 9.

Os fluxos mostrados não representam os fluxos reais de saída do recipiente, mas sim, os fluxos líquidos do sistema oriundos dos blocos da unidade esperados no processo. Isso é necessário, já que os fluxos brutos dependeriam das especificidades da seleção do catalisador e do projeto do recipiente. Esses parâmetros detalhados do projeto influenciariam o grau de deslocamento de equilíbrio gás-água, bem como a distribuição do

produto alcano/oxigenado. O objetivo desses exemplos é proporcionar uma demonstração da teoria geral da presente invenção.



5

Figura 4

Diagrama de Fluxo de Processo Apenas para Produtos FT

Tabela 1
Equilíbrio Molar para um Alfa entre 0,86 e 0,88

mol/s	Cargas de alimentação do gaseificador	Alimentação combinada	Syngas	Produto do reator	Produto	Reciclagem
Carvão	100,00	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Metano	30,21	30,21	0,00	0,00	0,00	0,00
Água	48,57	48,57	0,00	0,00	0,00	0,00
Oxigênio	9,04	9,04	0,00	0,00	0,00	0,00
Monóxido de carbono	0,00	0,00	193,77	0,00	0,00	0,00
Dióxido de carbono	0,00	63,56	0,00	96,88	33,33	63,56
Hidrogênio	0,00	0,00	108,99	0,00	0,00	0,00
Octano	0,00	0,00	0,00	12,11	12,11	0,00

Tabela 2
Equilíbrio de Massa para um Alfa entre 0,86 e 0,88

g/s	Cargas de alimentação do gaseificador	Alimentação combinada	Syngas	Produto do reator	Produto	Reciclagem
Carvão	1200,00	1200,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Metano	483,38	483,38	0,00	0,00	0,00	0,00
Água	874,29	874,29	0,00	0,00	0,00	0,00
Oxigênio	289,34	289,34	0,00	0,00	0,00	0,00
Monóxido de carbono	0,00	0,00	5425,47	0,00	0,00	0,00
Dióxido de carbono	0,00	2796,45	0,00	4262,87	1466,42	2796,45
Hidrogênio	0,00	0,00	217,99	0,00	0,00	0,00
Octano	0,00	0,00	0,00	1380,59	1380,59	0,00
Total	2847,01	5643,46	5643,46	5643,46	2847,01	2796,45
Entalpia [kJ/s]	-16152	-47178	-21434	-41178	-16152	-25026

Tabela 3**Cargas de Energia da Unidade para um Alfa entre 0,86 e 0,88**

Unidade	Fluxo de Energia [kJ/s]
Gaseificação/Reformador e Limpeza Q ₁	19743,77
Bloco de Reação FT Q ₂	19743,77

Tabela 4
Equilíbrio Molar para um Alfa entre 0,84 e 0,86

mol/s	Cargas de alimentação do gaseificador	Alimentação combinada	Syngas	Produto do reator	Produto	Reciclagem
Carvão	100,00	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Metano	31,53	31,53	0,00	0,00	0,00	0,00
Água	48,92	48,92	0,00	0,00	0,00	0,00
Oxigênio	9,08	9,08	0,00	0,00	0,00	0,00
Monóxido de carbono	0,00	0,00	195,98	0,00	0,00	0,00
Dióxido de carbono	0,00	64,44	0,00	97,99	33,54	64,44
Hidrogênio	0,00	0,00	111,99	0,00	0,00	0,00
Heptano	0,00	0,00	0,00	14,00	14,00	0,00

Tabela 5
Equilíbrio de Massa para um Alfa entre 0,84 e 0,86

g/s	Cargas de alimentação do gaseificador	Alimentação combinada	Syngas	Produto do reator	Produto	Reciclagem
Carvão	1200,00	1200,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Metano	504,51	504,51	0,00	0,00	0,00	0,00
Água	880,60	880,60	0,00	0,00	0,00	0,00
Oxigênio	290,65	290,65	0,00	0,00	0,00	0,00
Monóxido de carbono	0,00	0,00	5487,32	0,00	0,00	0,00
Dióxido de carbono	0,00	2835,54	0,00	4311,47	1475,93	2835,54
Hidrogênio	0,00	0,00	223,97	0,00	0,00	0,00
Heptano	0,00	0,00	0,00	1399,83	1380,59	0,00
Total	2875,76	5711,30	5711,30	5711,30	2875,76	2835,54
Entalpia [kJ/s]	-16351	-41727	-21679	-41727	-16351	-25376

Tabela 6**Cargas de Energia da Unidade para um Alfa entre 0,84 e 0,86**

Unidade	Fluxo de Energia [kJ/s]
Gaseificação/Reformador e Limpeza Q ₁	20048,40
Bloco de Reação FT Q ₂	20048,40

Tabela 7
Equilíbrio Molar para um Alfa entre 0,81 e 0,84

mol/s	Cargas de alimentação do gaseificador	Alimentação combinada	Syngas	Produto do reator	Produto	Reciclagem
Carvão	100,00	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Metano	33,31	33,31	0,00	0,00	0,00	0,00
Água	49,42	49,42	0,00	0,00	0,00	0,00
Oxigênio	9,14	9,14	0,00	0,00	0,00	0,00
Monóxido de carbono	0,00	0,00	198,82	0,00	0,00	0,00
Dióxido de carbono	0,00	65,61	0,00	99,46	33,85	65,61
Hidrogênio	0,00	0,00	116,03	0,00	0,00	0,00
Hexano	0,00	0,00	0,00	16,58	16,58	0,00

Tabela 8
Equilíbrio de Massa para um Alfa entre 0,81 e 0,84

g/s	Cargas de alimentação do gaseificador	Alimentação combinada	Syngas	Produto do reator	Produto	Reciclagem
Carvão	1200,00	1200,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Metano	532,92	532,92	0,00	0,00	0,00	0,00
Água	889,55	889,55	0,00	0,00	0,00	0,00
Oxigênio	292,47	292,47	0,00	0,00	0,00	0,00
Monóxido de carbono	0,00	0,00	5569,67	0,00	0,00	0,00
Dióxido de carbono	0,00	2886,80	0,00	4376,17	1489,37	2886,80
Hidrogênio	0,00	0,00	232,07	0,00	0,00	0,00
Hexano	0,00	0,00	0,00	1425,57	1425,57	0,00
Total	2914,94	5801,74	5801,74	5801,74	2914,94	2886,80
Entalpia [kJ/s]	-16626	-42461	-22004	-42461	-16626	-25835

Tabela 9

Cargas de Energia da Unidade para um Alfa entre 0,86 e 0,88

Unidade	Fluxo de Energia [kJ/s]
Gaseificação/Reformador e Limpeza Q ₁	20456,93
Bloco de Reação FT Q ₂	20456,93

5 Os limites teóricos de dióxido de carbono para os processos convencionais são os seguintes:

Tabela 10

Tons CO₂/Tons Hidrocarbó-netos	Razão Tons Carvão:Tons Gás Natural na alimentação
0,75	0,5
1,6	1,5
2,5	4
3,7	Alimentação de carvão

Comparando a produção teórica de dióxido de carbono na Tabela 10 com aquela dos processos de acordo com a invenção, nota-se que uma grande redução nas emissões de dióxido de carbono resulta dos processos da invenção.

5 Para efeito de comparação adicional, as Tabelas 1A, 2A e 3A abaixo ilustram os fluxos molares em que é usada uma alimentação somente de carvão de acordo com processos da arte prévia .

Tabela 1A
Equilíbrio Molar para um Alfa entre 0,86 e 0,88
Alimentação Somente de Carvão

mol/s	Cargas de alimentação do gaseifica- dor	Alimentação combinada	Syngas	Produto do reator	Produto	Reciclagem
Carvão	100,00	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Água	64,74	64,74	0,00	0,00	0,00	0,00
Oxigênio	10,08	10,08	0,00	0,00	0,00	0,00
Monóxido de carbono	0,00	0,00	115,10	0,00	0,00	0,00
Dióxido de carbono	0,00	15,10	0,00	57,55	42,45	15,10
Hidrogênio	0,00	0,00	64,74	0,00	0,00	0,00
Octano	0,00	0,00	0,00	7,19	7,19	0,00

Tabela 2A
Equilíbrio de Massa para um Alfa entre 0,86 e 0,88
Alimentação Somente de Carvão

g/s	Cargas de alimentação do gaseificador	Alimentação combinada	Syngas	Produto do reator	Produto	Reciclagem
Carvão	1200,00	1200,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Água	1165,37	1165,37	0,00	0,00	0,00	0,00
Oxigênio	322,55	322,55	0,00	0,00	0,00	0,00
Monóxido de carbono	0,00	0,00	3222,74	0,00	0,00	0,00
Dióxido de carbono	0,00	664,31	0,00	2532,15	1867,85	664,31
Hidrogênio	0,00	0,00	129,49	0,00	0,00	0,00
Octano	0,00	0,00	0,00	820,07	820,07	0,00
Total	2687,92	3352,23	3352,23	3352,23	2687,92	664,31

Tabela 3A
Cargas de Energia da Unidade para um Alfa
entre 0,86 e 0,88
Alimentação Somente de Carvão

	Fluxo de Energia [kJ/s]
Fluxo para a Unidade Gaseificadora	11727,84
Fluxo para for a da Unidade Reatora	11727,84

A comparação dos números nas Tabelas 1A, 2A e 3A com aqueles nas Tabelas 1, 2 e 3 ilustra que é possível reduzir as emissões de dióxido de carbono para metade por unidade molar de produto produzido, aproximadamente, por meio do processo da presente invenção. Isso é tanto altamente benéfico, quanto inesperado.

Produtos Apenas de Metanol

Os fluxos mostrados não representam os fluxos reais de saída do reator, mas sim, os fluxos líquidos do sistema oriundos dos blocos da unidade esperados no processo. Isso é necessário já que os fluxos brutos dependeriam das especificidades da seleção do catalisador e do projeto do recipiente.

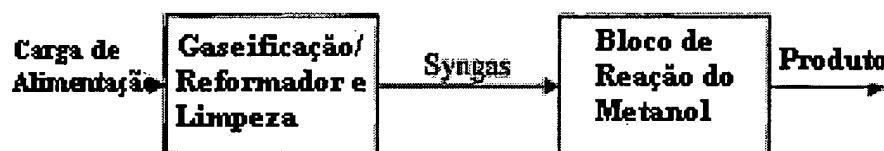


Figura 5

Diagrama de Fluxo do Processo Apenas para Produtos de Metanol

Tabela 11
Equilíbrio Molar no Processo de Metanol

mol/s	Cargas de alimentação do gaseificador	Syngas bruto	Produto do reator
Carvão	100,00	0,00	0,00
Metano	32,89	0,00	0,00
Água	123,16	0,00	0,00
Oxigênio	24,07	0,00	0,00
Monóxido de carbono	0,00	94,47	0,00
Dióxido de carbono	0,00	38,42	38,42
Hidrogênio	0,00	188,94	0,00
Metanol	0,00	0,00	94,47

Tabela 12
Equilíbrio de Massa no Processo de Metanol

g/s	Cargas de alimentação do gaseificador	Syngas bruto	Produto do reator
Carvão	1200,00	0,00	0,00
Metano	526,19	0,00	0,00
Água	2216,96	0,00	0,00
Oxigênio	770,24	0,00	0,00
Monóxido de carbono	0,00	2645,13	0,00
Dióxido de carbono	0,00	1690,38	1690,38
Hidrogênio	0,00	377,88	0,00
Metanol	0,00	0,00	3023,01
Total	4713,39	4713,39	4713,39
Entalpia [kJ/s]	-37684,07284	-25577,92072	-37684,07284

5

Tabela 13
Cargas de Energia da Unidade para o Processo de Metanol

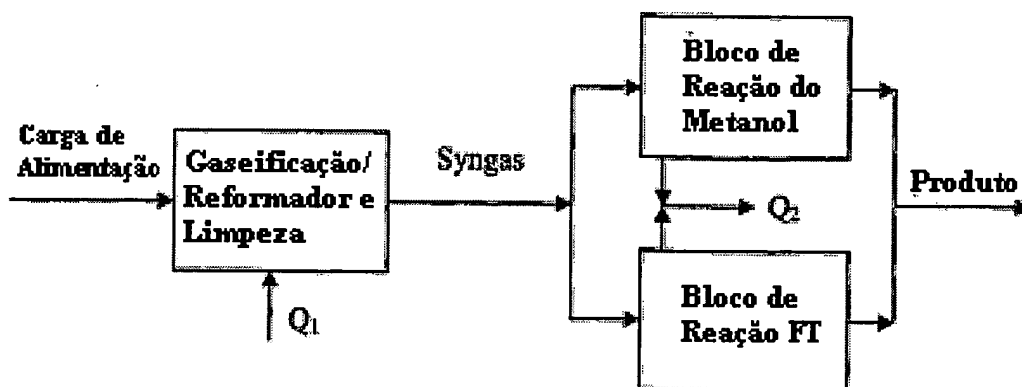
Unidade	Fluxo de Energia [kJ/s]
Gaseificação/Reformador e Limpeza Q ₁	12106,15
Bloco de Reação de Metanol Q ₂	12106,15

Processo Combinado

Para uma combinação dos produtos dos processos, há duas possibilidades distintas de processo.

Para um produto com menos do que 4,56 moles de octano equivalente (alfa=0,86-0,88) por 100 moles de carvão alimentado, o diagrama do processo é fornecido abaixo na Figura 6.

Os fluxos molar, de massa e de entalpia correspondentes são fornecidos nas Tabelas 14, 15 e 16.



10

Figura 6

**Diagrama de Fluxo de Processo para um Produto FT
Combinado com um Alfa entre 0,86 e 0,88 e Metanol**

Tabela 14
Equilíbrio Molar para um produto FT Combinado com um Alfa
entre 0,86 e 0,88 e Metanol

mol/s	Cargas de alimentação do gaseificador	Syngas	Produto
Carvão	100,00	0,00	0,00
Metano	31,88	0,00	0,00
Água	95,06	0,00	0,00
Oxigênio	18,41	0,00	0,00
Monóxido de carbono	0,00	131,88	0,00
Dióxido de carbono	0,00	0,00	36,50
Hidrogênio	0,00	158,82	0,00
Nitrogênio	0,00	0,00	0,00
Octano	0,00	0,00	4,56
Metanol	0,00	0,00	58,88

Tabela 15
Equilíbrio de Massa para um Produto FT
Combinado com um Alfa entre 0,86 e 0,88 e Metanol

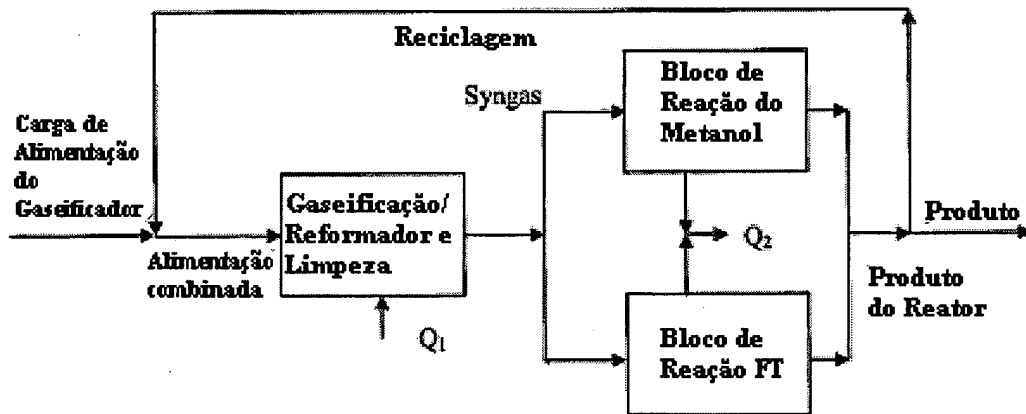
g/s	Cargas de alimentação do gaseificador	Syngas	Produto
Carvão	1200,00	0,00	0,00
Metano	510,06	0,00	0,00
Água	1711,12	0,00	0,00
Oxigênio	589,07	0,00	0,00
Monóxido de carbono	0,00	3692,60	0,00
Dióxido de carbono	0,00	0,00	1606,01
Hidrogênio	0,00	317,64	0,00
Nitrogênio	0,00	0,00	0,00
Octano	0,00	0,00	520,13
Metanol	0,00	0,00	1884,11
Total	4010,24	4010,24	4010,24
Entalpia [kJ/s]	-29572	-14588	-29572

5

Tabela 16
Cargas de Energia da Unidade para o Processo de Metanol

Unidade	Fluxo de Energia [kJ/s]
Gaseificação/Reformador e Limpeza Q ₁	14983,57
Blocos de Reação Q ₂	14983,57

Para produtos com mais de do que 4,56 moles de octano equivalente ($\alpha=0,86-0,88$) por 100 moles de carvão alimentado, o diagrama do processo é fornecido abaixo na **Figura 7**.



5

Figura 7

**Diagrama de Fluxo de Processo para um Produto FT
Combinado com um Alfa entre 0,86 e 0,88 e Metanol**

10 Os fluxos molar, de massa e de entalpia correspondentes são fornecidos nas Tabelas 17, 18 e 19. Podem ser mostradas demonstrações similares para outros valores de alfa, já que isso afetará a composição da carga de alimentação e a operação das unidades.

Tabela 17

**Equilíbrio Molar para um Produto FT
Combinado com um Alfa entre 0,86 e 0,88 e Metanol**

mol/s	Cargas de alimentação do gaseificador	Alimentação combinada	Syngas	Produto do reator	Produto	Reciclagem
Carvão	100,00	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Metano	31,01	31,01	0,00	0,00	0,00	0,00
Água	70,95	70,95	0,00	0,00	0,00	0,00
Oxigênio	13,55	13,55	0,00	0,00	0,00	0,00
Monóxido de carbono	0,00	0,00	163,98	0,00	0,00	0,00
Dióxido de carbono	0,00	32,96	0,00	67,82	34,85	32,96
Hidrogênio	0,00	0,00	132,98	0,00	0,00	0,00
Nitrogênio	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Octano	0,00	0,00	0,00	8,48	8,48	0,00
Metanol	0,00	0,00	0,00	23,84	23,84	0,00

Tabela 18

Equilíbrio de Massa para um Produto FT Combinado com um Alfa entre 0,86 e 0,88 e Metanol

g/s	Cargas de alimentação do gaseificador	Alimentação combinada	Syngas	Produto do reator	Produto	Reciclagem
Carvão	1200,00	1200,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Metano	496,22	496,22	0,00	0,00	0,00	0,00
Água	1277,09	1277,09	0,00	0,00	0,00	0,00
Oxigênio	433,61	433,61	0,00	0,00	0,00	0,00
Monóxido de carbono	0,00	0,00	4591,37	0,00	0,00	0,00
Dióxido de carbono	0,00	1450,40	0,00	2984,01	1533,61	1450,40
Hidrogênio	0,00	0,00	265,95	0,00	0,00	0,00
Nitrogênio	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Octano	0,00	0,00	0,00	966,41	966,41	0,00
Metanol	0,00	0,00	0,00	906,90	906,90	0,00
Total	3406,92	4857,32	4857,32	4857,32	3406,92	1450,40
Entalpia [kJ/s]	-22612	-35592	-18139	-35592	-22612	-12980

Tabela 19**Cargas de Energia da Unidade para o Processo de Metanol**

Unidade	Fluxo de Energia [kJ/s]
Gaseificação/Reformador e Limpeza Q ₁	17452,48
Blocos de Reação Q ₂	17452,48

5 Perceber-se-á que as condições do processo serão variadas para levar em conta diferentes materiais de alimentação e também para controlar a composição do gás de síntese e os produtos obtidos deste.

10 Será evidente ainda a partir dos exemplos acima que a combinação dos produtos da reação de gaseificação e da reação de reforma resulta numa redução significativa das emissões de dióxido de carbono. Isso proporciona não apenas grandes benefícios ambientais, como também resulta em economias de processo muito maiores do que aquelas que podem ser alcançadas por meio de processos convencionais.



**“Unidades de Produção de Gás de Síntese
e Respectivo Método de Produção”**

Reivindicações

- 5 **1 - Método de Produção de Gás de Síntese, caracterizado** por que inclui combinar o produto de uma reação de gasificação de carvão com o produto de uma reação de reforma do metano.
- 10 **2 - Método de Produção de Gás de Síntese**, de acordo com a Reivindicação 1, **caracterizado** por que a relação do carvão alimentado para a reação de gasificação de carvão para o gás natural alimentado para a reação de reforma do metano é variada de modo a produzir um gás de síntese de composição predeterminada.
- 15 **3 - Método de Produção de Gás de Síntese**, de acordo com a Reivindicação 1 ou Reivindicação 2, **caracterizado** por que a reação de gasificação de carvão ocorre separadamente a partir da reação de reforma do metano e os produtos das reações separadas são combinados.
- 4 - Método de Produção de Gás de Síntese**, de acordo com a Reivindicação 3, **caracterizado** por que o produto de pelo menos a reação de gasificação tem componentes indesejáveis removidos a partir dele antes de combinar com o produto da reação de reforma do metano.
- 20 **5 - Método de Produção de Gás de Síntese**, de acordo com a Reivindicação 3 ou a Reivindicação 4, **caracterizado** por que os componentes indesejáveis são removidos a partir do gás de síntese depois da produção do mesmo.
- 25 **6 - Método de Produção de Gás de Síntese**, de acordo com a Reivindicação 1 ou Reivindicação 2, **caracterizado** por que a reação de gasificação do carvão ocorre no mesmo vaso que a reação de reforma do metano.
- 7 - Método de Produção de Gás de Síntese**, de acordo com a Reivindicação 6, **caracterizado** por que os componentes indesejáveis são removidos a partir do gás de síntese depois da produção do mesmo.
- 30 **8 - Unidade de Produção de Gás de Síntese, caracterizado** por que

inclui uma alimentação de carvão e uma alimentação de gás natural e por que a unidade sujeita a alimentação de carvão a uma reação de gasificação e o gás natural a uma reação de reforma do metano.

5 **9 - Unidade de Produção de Gás de Síntese, caracterizada** por que a reação de gasificação e a reação de reforma ocorrem simultaneamente.

10 - Unidade de Produção de Gás de Síntese, de acordo com a Reivindicação 8 ou a Reivindicação 9, **caracterizada** por que a reação de gasificação ocorre num vaso separado do da reação de reforma.

10 **11 - Unidade de Produção de Gás de Síntese**, de acordo com a Reivindicação 10, **caracterizada** por que inclui meios para combinar os produtos da reação de gasificação e da reação de reforma.

15 **12 - Unidade de Produção de Gás de Síntese**, de acordo com a Reivindicação 10 ou a Reivindicação 11, **caracterizada** por que inclui meios para remover os componentes indesejáveis a partir do produto da reação de gasificação.

13 - Unidade de Produção de Gás de Síntese, de acordo com a Reivindicação 8 ou a Reivindicação 9, **caracterizada** por que a reação de gasificação ocorre no mesmo vaso que a reação de reforma.

20 **14 - Unidade de Produção de Gás de Síntese**, de acordo com a Reivindicação 13, **caracterizada** por que inclui meios para remover os componentes indesejáveis a partir do gás de síntese produzido.

**“Unidades de Produção de Gás de Síntese
e Respectivo Método de Produção”**

Resumo

5 É provido um método de produção de gás de síntese, que inclui combinar o produto de uma reação de gasificação de carvão com o produto de uma reação de reforma do metano. As reações de gasificação do carvão e de reforma do metano podem ocorrer no mesmo vaso ou em vasos separados.