



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

(21) PI 0717850-6 A2



(22) Data de Depósito: 02/11/2007
(43) Data da Publicação: 29/10/2013
(RPI 2234)

(51) *Int.Cl.*:
C07C 9/04
B01D 53/62
C07C 29/151
C10L 3/06

(54) Título: PROCESSO PARA REDUZIR EMISSÃO DE CO₂ DA COMBUSTÃO DE MATERIAIS ORGÂNICOS **(57) Resumo:**

(30) Prioridade Unionista: 02/11/2006 NO 20065021,
18/06/2007 NO 20073080

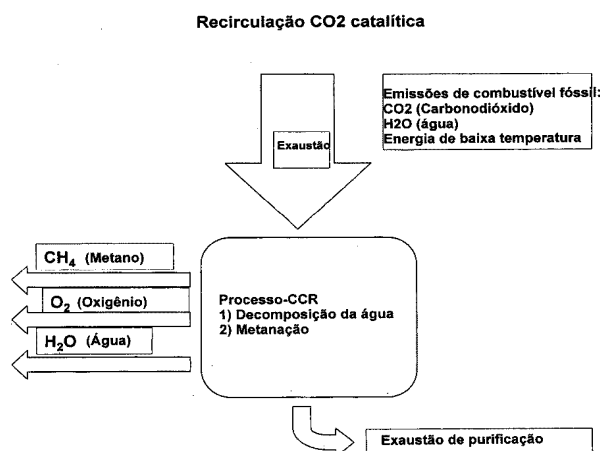
(73) Titular(es): Rco2 AS

(72) Inventor(es): Erik Fareid, Marc Lambert, Tommy Scherning

(74) Procurador(es): Momsen, Leonardos & Cia

(86) Pedido Internacional: PCT NO2007000387 de
02/11/2007

(87) Publicação Internacional: WO 2008/054230de
08/05/2008



“PROCESSO PARA REDUZIR EMISSÃO DE CO₂ DA COMBUSTÃO DE MATERIAIS ORGÂNICOS”

Com o foco de hoje em CO₂ produzido por humanos e o efeito que esta substância têm na poluição e aquecimento global, é de grande importância reduzir ou reutilizar e recircular o CO₂.

São anteriormente conhecidos diferentes materiais e métodos para metanação e produção de hidrogênio. Exemplos de tal técnica anterior são representados pelas seguintes publicações:

Jianjun Guo, Hui Lou, Hong Zhao, Dingfeng Chai e Xiamming Zheng: “Dry reforming of methane over nickel catalysts supported on magnesium aluminate spines” *Applied Catalysis A: General*, Volume 273, no. 1-2, 8. Outubro de 2004, páginas 75-82;

M. Wisniewski, A. Boréave e P. Gelin: “Catalytic CO₂ reforming of methane over Ir/Ce_{0.9}Gd_{0.1}O_{2-x}” *Catalysis Communications*, Volume 6, nbo. 9, Setembro de 2005, páginas 596-600;

Masaya Matsouka, Masaaki Kitano, Masato Takeuchi, Koichiro Tsujimaru, Masakazu Anpo e John M. Thomas: “Photocatalysis for new energy production. Recent advances in photo catalytic water splitting reactions for hydrogen production” *Catalysis Today*, 6. Março de 2007;

U. (BaIu) Balachandran, T.H.Lee e S.E.Dorris: “Hydrogen production by water dissociation using mixed conducting dense ceramic membranes” *International Journal of Hydrogen Energy*, Volume 32, no. 4, Março de 2007, páginas 451-456;

Daniel M. Ginosar, Lucia M. Petkovic, Anne W. Glenn e Kyle C. Burch: “Stability of supported platinum sulfuric acid decomposition catalysts for use in thermo chemical water splitting cycles” *International Journal of Hydrogen Energy*, Volume 32, no. 4, Março de 2007, páginas 482-488;

T. Sano, M. Kojima, N. Hasegawa, M. Tsuji e Y. Tamaura:

"Thermo chemical water- splitting by a carbon-bearing Ni(II) ferrite at 300⁰C" International Journal of Hydrogen Energy, Volume 21, no. 9, Setembro de 1996, páginas 781-787;

S.K.Mohapatra, M.Misra, V.K.Mahjan e K.S.Raja: "A novel method for the synthesis of titania nano tubes using sono electro chemical method and its application for photo electro chemical splitting of water" Journal of Catalysis, Volume 246, no. 2, 10. Março de 2007, páginas 362-369;

S.K.Mohapatra, M.Misra, V.K.Mahajan e K.S.Raja: "A novel method for the synthesis of titania nano tubes using sono electro chemical method and its application for photo electro chemical splitting of water" Journal of Catalysis, Volume 246, no. 2, 10. Março de 2007, páginas 362-369;

Meng Ni, Michael K.H. Leung, Dennis Y.C.Leung e K. Sumathy: "A review and recent developments in photo-catalytic water-splitting using TiO₂ for hydrogen production", Renewable and Sustainable Energy Reviews, Volume 11, no. 3, Abril de 2007, páginas 401-425;

Wenfeng Shanguan: "Hydrogen evolution from water splitting on nano composite photo-catalysts" Science and Technology of Advanced Materials, Volume 8, no. 1-2, Janeiro-Março 2007, páginas 76-81, APNF International Symposium on Nanotechnology in Environmental Protection and Pollution (ISNEPP2006);

Seng Sing Tan, Linda Zou e Eric Hu: "Photosynthesis of hydrogen and methane as key components for clean energy system" Science and Technology of Advanced Materials, Volume 8, no. 1-2, Janeiro-Março 2007, páginas 89-92, APNF International Symposium on Nanotechnology in Environmental Protection and Pollution (ISNEPP2006);

Patente US 7.087.651 (Lee.Tuffhell et al., 8 de Agosto de 2006) "Process and apparatus for steam-methane reforming";

Patente US 6.972.119 (Taguchi et al., 6 de dezembro, 2005)

"Apparatus for forming hydrogen";

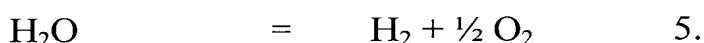
Patente US 6.958.136 (Chandran et al., 25 de outubro, 2005)

"Process for the treatment of waste streams";

Patente US 6.838.071 (Olsvik et al., 4 de janeiro, 2005)

5 "Process for preparing a H₂-rich gas and a CO₂-rich gas at high pressure".

A presente invenção pode ser resumida como um reator de gás catalítico, incluindo um catalisador ou processo criando hidrogênio e oxigênio por divisão de água e um processo com catalisador criando metano por reações em que CO, CO₂ e hidrogênio participam de acordo com um esquema
10 de reação de metanação, como segue:



15 A água é dividida em hidrogênio e oxigênio de acordo com a reação 5, com diversos diferentes processos. Alguns destes podem ser:

- eletrólise de água em temperatura normal,
- divisão de água em alta temperatura acima de 2000°C,
- produção de água de ciclo-Ca-Br,
- 20 - processo de iodo-enxofre termo químico em temperatura normal,
- processo de membrana cerâmica a 200 – 900°C (termo químico)
- divisão de água foto catalítica com TiO₂,
- 25 - fotocatalise com nano compósito e catalisador consistindo de compósito de inserção de sulfeto de cádmio (CsS) consistindo de veículo de K₄Ce₂M₁₀O₃₀ (M = Ta, Nb) revestido com Pt, RuO₂ e NiO como catalisadores contribuidores,
- a criação de metano e hidrogênio por fotocatalise pelo uso

de catalisador TiO_2 ,

- todos outros sistemas criando hidrogênio e oxigênio por divisão de água e uma combinação deles.

A reação de metanação pode ser realizada com os catalisadores infra com diferentes composições, dependendo da condição do gás que é para ser tratado, porém todos os catalisadores de metanação podem ser usados no intervalo de temperatura de 150 a 600°C;

- catalisador de Ni/NiO (níquel/óxido de níquel)
- catalisador de Ru (rutênio)
- catalisador de Cu (cobre)
- Pt (platina)
- Rh (ródio)
- Ag (prata)
- Co (cobalto)
- W (tungstênio)
- Todos os outros catalisadores, sozinhos ou juntos com um ou mais dos metais mencionados acima.

A vantagem da presente invenção é que o CO_2 é transformado em metano através do auxílio de hidrogênio e pode conseqüentemente ser usado novamente como um combustível ou como uma matéria prima para numerosos outros processos. Alguns destes processos podem ser a produção de metano, metanol, amônia, uréia, ácido nitroso, nitrato de amônio, NPK, PVC etc.

A presente invenção pode ser usada em todas as formas de gases de descarga, em que combustível fóssil ou biológico é usado.

Além disso, a estrutura e composição dos reatores e catalisadores de acordo com a presente invenção resolvem o problema de emissão de VOC (compostos orgânicos voláteis), NO_x (óxidos de nitrogênio), N_2O (óxido nitroso), NH_3 (amônia) e outros gases estufa e outros gases

poluidores de outras maneiras.

A presente invenção produz também energia muito mais efetivamente do que processos similares de hoje e tem muito menos emissão de CO₂ por kWh do que os processos contemporâneos com colheita de CO₂.

5 Outras vantagens do presente processo versus outros são evidentes pela tabela 1 abaixo.

Tabela 1. Comparação entre a presente invenção e usinas de energia similares com e sem coleta de CO₂. Todos os números* são relativos a sem acumulação de CO₂ de hoje.

	Contemporâneos sem acumulação- CO ₂	Contemporâneos sem acumulação- CO ₂	A presente invenção
Investimento	100	225	150
Emissão-CO ₂	100	15	10
Consumo combustível	100	120	10
Custo combustível NOK/h	1200	1200	1200
Taxa CO ₂ NOK/h	300	300	300
Taxa CO ₂ NOK/kWh	0,16	0,024	0,013
Custo combustível NOK/kWh	0,24	0,29	0,024
Custo financeiro NOK/kWh	0,09	0,21	0,13
Custo total NOK/kWh	0,49	0,52	0,17

10 * Todos os números são orientações

Como consequência do desenvolvimento da presente invenção e como uma parte não separável dele, a presente invenção pode ser usada dentro da área geral de purificação, acumulação e separação de CO₂.

15 A presente invenção é expressa como uma concepção de reator provendo o meio industrial de controlar os parâmetros físicos e químicos envolvidos nas seguintes equações de reação:





As presentes reações são também descritas como a aplicação de projetos de reator específicos, provendo características catalíticas e físicas permitindo e enfatizando a hidrogenação de CO_2 em CH_4 (metano).

5 A presente invenção pode ser considerada como duas em uma, uma parte produzindo hidrogênio e oxigênio de acordo com a reação 5. A outra parte aproveitará o hidrogênio produzido pela primeira parte, porém pode também individualmente produzir hidrogênio pela reação 1. O hidrogênio produzido reagirá com CO e CO_2 de acordo com a reação 2 e 3 e
10 produzirá metano. O metano e oxigênio produzidos podem ser recirculados e combustados em um circuito contínuo ou o metano e oxigênio podem ser separados e usados como matéria prima para produzir outros produtos químicos.

15 A parte 1 da presente invenção pode conter catalisadores e outros dispositivos, tornando possível utilizarem-se tanto o hidrogênio produzido como o oxigênio produzido.

A parte 2 da presente invenção é para conter um catalisador sendo adequado para realizar a reação de metanação, reações 2 e 3 e suprimir a reação de mudança inversa, reação 4.

20 A parte 1 e parte 2 podem ser integradas entre si ou podem entidades separadas.

A **Parte 1** é a seção em que a divisão da água é realizada. Esta dissociação de água precisa de muita energia para acontecer. Esta energia pode ser tirada de parte 2 desenvolvendo grandes quantidades de energia ou a
25 energia pode ser provida por fontes externas.

A água pode ser dividida em hidrogênio e oxigênio de acordo com a reação 5, através de diversos processos diferentes. Alguns destes podem ser:

- eletrólise de água em temperatura normal,

- dissociação da água em elevada temperatura acima de 2000°C,

- produção de água do ciclo Ca-Br,
- processo de iodo-enxofre termoquímico em temperatura normal,

- processo de membrana cerâmica a 300 – 900°C

- divisão de água fotocatalítica com TiO₂,

- fotocátalise com nanocompósito e catalisadores compreendendo compósito de inclusão de sulfeto de cádmio (CdS)

10 compreendendo veículo $K_4C_{e2}M_{10}O_{30}$ M=tA, Nb com Pt, RuO₂ e NiO como catalisadores contribuidores,

- produção de metano e hidrogênio por fotocátalise com o uso de catalisadores TiO₂,

15 Todos os outros sistemas criando hidrogênio e oxigênio pela dissociação da água,

- a dissociação pode ser realizada com um dos sistemas ou com dois ou mais simultaneamente.

Na **Parte 2** a transformação de CO₂ com hidrogênio em metano é realizada em um reator com um catalisador. O calor sendo desenvolvido pode ser usado para aquecer a parte 1 ou de qualquer outra maneira. O formato do catalisador não é essencial e pode, inter alia, compreender monólitos revestidos, diferentes nano materiais e outros tipos e formas de veículos. Os veículos podem ser selecionados de, p. ex., TiO₂, Al₂O₃, cordierita, CeO dopado-Gd e outros tipos de materiais veículo. O material catalítico pode também estar presente em qualquer forma como um material catalisador “puro”. A forma e composição do reator e do catalisador dependerão de que gás de emissão é desejado purificar. Um gás de descarga impuro com grandes quantidades de pó (da combustão de carvão) pode ter um veículo catalisador monolítico, enquanto que um gás de descarga puro (de

20

25

uma turbina de gás natural) pode ter um catalisador na forma de pelotas. Todos os tipos de gases de descarga de todos os tipos de combustões de material orgânico podem ser tratados.

A reação de metanação pode ser realizada com os catalisadores infra, com diferentes composições dependendo da condição do gás que é para ser tratado, porém todos os catalisadores de metanação podem ser usados no intervalo de temperatura de 200 a 600°C:

- catalisador de Ni/NiO (níquel/óxido de níquel)
- catalisadores de Ru (rutênio)
- catalisadores de Cu (cobre)
- Pt (platina)
- Rh (ródio)
- Ag (prata)
- Co (cobalto)
- W (tungstênio)
- Todos os outros catalisadores sozinhos ou juntos com um ou mais dos metais mencionados acima.

Quando recirculando metano para combustão e produção de eletricidade ou outras formas de energia, o oxigênio tendo sido produzido na divisão da água pode ser usado como uma fonte para oxigênio para a combustão de metano. Uma vez que não é usado ar como uma fonte para oxigênio, o nitrogênio não participará como um gás de diluição e reação. Em vez de nitrogênio como um gás de diluição (gás inerte), água e CO₂ sendo produzidos na combustão podem ser usados. Este gás (CO₂ e água) será retirado para recirculação antes dos reatores tendo sido descritos na presente invenção e, assim, mantém uma temperatura de combustão sendo comensurada com os materiais que estão presentes hoje para a construção de tais usinas de combustão.

O nitrogênio é a fonte de NO_x na combustão e realizando-se a

sugerida recirculação o nitrogênio será substituído por CO₂ e água, desse modo evitando-se a produção de NO_x. Ao evitar NO_x, é também possível evitar-se o uso de medidas de redução criando gás nitroso (N₂O).

Outra solução teórica para o uso do metano formado pode ser produzir metanol. Esta produção pode concebivelmente acontecer de acordo com processos comerciais sendo disponíveis hoje em dia e o metanol pode ter diversas áreas de uso, tais como, p. ex., combustível para meios de transporte.

Este processo pode concebivelmente ser resolvido da seguinte maneira: O combustível é combustado com ar em um queimador. Eletricidade, opcionalmente outra forma de energia, é retirada do processo de combustão da maneira usual. O CO₂ produzido é usado, como descrito na presente invenção, para produzir metano. O metano é separado dos outros gases e é usado para produzir metanol.

A presente invenção não é limitada a estes dois campos, porém pode ser usada em todos os processos em que gás natural ou outros hidrocarbonetos e compostos orgânicos é uma das matérias primas.

A presente invenção também produz energia muito mais eficientemente do que processos comparáveis hoje em dia e tem uma emissão de CO₂ muito mais baixa por kWh do que os processos de hoje com captação de CO₂. As outras vantagens do presente processo quando comparadas com as dos outros são observadas na tabela 1 abaixo.

Tabela 1.

	Presente sem captação de CO ₂	Presente com captação de CO ₂	Presente Invenção
Investimento	100	225	150
Emissão CO ₂	100	15	10
Consumo combustível	100	120	10
Custo combustível NOK/h	1200	1200	1200
Taxa CO ₂ NOK/h	300	300	300
Taxa CO ₂ NOK/kWh	0,16	0,024	0,013
Custo combustível NOK/kWh	0,24	0,29	0,024
Custo financeiro NOK/kWh	0,09	0,21	0,13
Custo total NOK/kWh	0,49	0,52	0,17

Todos os números são orientações.

Uma pequena parte do gás de descarga deve ser emitida para evitar acumulação de certos elementos traço. Este gás de descarga contém principalmente CO₂ e água. Esta composição torna muito simples captar CO₂ sem utilizarem-se produtos químicos (p. ex., aminas e outros), uma vez que a água pode ser condensada enquanto CO₂ ainda está em um estado gasoso. O CO₂ pode então ser usado para outras finalidades ou pode ser estocado. O custo para captação e, opcionalmente, estocagem então torna-se muito pequeno.

As reações descritas são reações comuns (reações de equilíbrio) acontecendo na produção de amônia através de diferentes camadas catalíticas.

A reação de mudança acontece no reator de mudança LT ou HT, em que o monóxido de carbono reage para produzir dióxido de carbono e hidrogênio através de um catalisador de óxido de ferro/óxido de cromo respectivamente um óxido de cobre/óxido de zinco.

A reação de metanação acontece no reator de metano, e que monóxido de carbono e dióxido de carbono são reagidos em metano e água através de um catalisador de níquel, rutênio, tungstênio ou outro catalisador contendo metal, de acordo com diversas reações totais (reações de equilíbrio), inter alia:



Uma vez que o processo amônia é um processo para produzir amônia via hidrogênio de metano e nitrogênio do ar, as reações 2 e 3 descritas acima são reações que não são desejadas e que provocam perdas na produção da amônia.

Na presente invenção todas estas reações são desejadas, uma

vez que elas produzem metano sendo um produto ou os intermediários participando na produção do metano e este efeito não foi anteriormente descrito na literatura de patente.

A fonte de dióxido de carbono pode ser todas as espécies de combustão de materiais orgânicos, tais como gases de emissão ou gases de combustão de usinas de energia, barcos, carros, instalações industriais que também incluem outros contaminantes. Estes contaminantes podem ser mas não são limitados a N_2O , NO , NO_2 , compostos voláteis (VOCs), SO_2 etc.

Destruição ordinária destes contaminantes acontece com CO_2 presente no gás de combustão. Uma concentração ordinária de CO_2 no gás de combustão é de cerca de 1 – 20 % volume. Quando CO_2 é removido antes dos outros contaminantes, o volume do catalisador e a adição de produtos químicos serão reduzidos dramaticamente, parcialmente por causa do volume mais baixo e parcialmente por conta do efeito inibidor do CO_2 se este estiver presente.

Qualquer solução de processamento pode ser usada para remover estes contaminantes.

A invenção pode ser resumida pelos seguintes itens:

1. Um reator de gás catalítico incluindo um catalisador e um processo produzindo hidrogênio e oxigênio por dissociação de água e um processo com um catalisador produzindo metano de reações em que CO , CO_2 , água, oxigênio e hidrogênio participam de acordo com um esquema de reação de metanação, como segue:



Uso geral da invenção

As formas de realização do reator são direcionadas tanto para

novos usos como reconstrução dos existentes dispositivos para combustão industrial e a invenção destas aplicações de reconstrução e novas instalações é reivindicada.

Breve relato das figuras

- 5 **Figura 1:** tecnologia de recirculação CO₂ catalítica (CCR),
 Figura 2: tecnologia CCR com recirculação de CO₂ (p. ex.,
 turbina a gás ou motor a gás);
 Figura 3: tecnologia CCR com recirculação de CO₂ (p. ex.,
 com instalação de energia a carvão);
 10 **Figura 4:** tecnologia CCR com recirculação de CO₂ prédios;
 Figura 5: tecnologia CCR com recirculação de CO₂ para
 carros.

Descrição detalhada das figuras

15 **Figura 1.** A figura mostra esquematicamente a tecnologia
 CCR em qualquer instalação produtora de energia baseada em combustível
 fóssil. A água do gás de descarga é dividida em hidrogênio e oxigênio,
 enquanto o hidrogênio reage com CO₂ no gás de descarga em metano. O
 metano e oxigênio podem ser recirculados ou ser usados como uma matéria
 prima em outros processos.

20 **Figura 2.** A figura mostra esquematicamente o mesmo que a
 figura 1, porém com a recirculação do metano formado para uma
 turbina/motor a gás. O oxigênio e a água podem também ser recirculados ou
 ser usados em outros processos.

25 **Figura 3.** Mostra o mesmo que a figura 2, porém para uma
 instalação de energia a carvão, em que partes do metano produzido podem ser
 recirculadas.

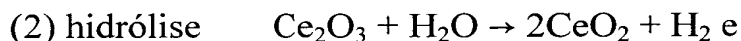
Figura 4. Mostra um arranjo de uma casa.

Figura 5. Mostra um arranjo que pode ser usado para um
 carro.

O CO₂ pode ser comprimido e armazenado em uma maneira adequada.

Exemplo 1 de dissociação de água termoquímica combinada com metanação.

Um ciclo termoquímico para a produção de H₂ e O₂, baseado em óxidos de CeO₂/Ce₂O₃ pode ser usado em um processo combinado com dissociação de água e metanação de CO₂. Ele consiste de três etapas químicas:



A etapa de recuperação de hidrogênio (dissociação de água com óxido Ce(III)) é realizada em um reator de leito sólido e a reação está completa com rápida cinética na faixa de temperatura de 300 – 500°C. O óxido de Ce(IV) reformado é então reciclado na primeira etapa. Neste processo a água é o único suprimento material e calor é a única adição de energia. Os únicos materiais de saída são hidrogênio e oxigênio e estes dois gases são obtidos em diferentes etapas, para evitar-se uma separação de fase gás de consumo de energia de temperatura. Além disso, o oxigênio pode ser usado como uma fonte de oxigênio na reação de combustão com água e CO₂ como gases inertes em vez de ar. O hidrogênio será usado junto com o gás de descarga contendo-CO₂ e reagido através de um catalisador de metanação para fornecer metano e água.

Exemplo 2 de dissociação de água termoquímica combinada com metanação.

Grandes quantidades de hidrogênio ou oxigênio podem ser produzidas em temperaturas moderadas (300 – 900°C) se uma membrana de condução mista (isto é condução de elétrons e íons) for usada para remover oxigênio ou hidrogênio, uma vez que são produzidos pelo uso de membranas

consistindo de um condutor de íon de oxigênio, CeO_2 dopado com Gd (CGO) e um condutor de elétrons, Ni, Cu ou similar. O vapor d'água do gás reagirá através da membrana separando oxigênio do gás de descarga e deixando o hidrogênio no gás de descarga. O gás de descarga é passado através de um catalisador de metanação, em que CO_2 reage com hidrogênio para fornecer metano e água. Além disso, o oxigênio pode ser usado como uma fonte para oxigênio dentro da câmara de combustão, com água e CO_2 como os gases inertes em vez de ar.

Em todos os exemplos, o excesso de calor da reação Sabatier (metanação de CO_2 e hidrogênio para fornecer metano e água) será usado para aquecer a reação de dissociação de água ou para criar qualquer tipo de energia.

Exemplo de dissociação de água fotoquímica combinada com metanação.

A dissociação de água pode ser realizada utilizando-se a luz do sol como uma fonte de energia. A intensidade de luz do espectro de luz do sol pode ser de 100 mW/cm^2 . Ambos os lados do fotoanodo serão iluminados. O catodo será matriz nanotubular de TiO_2 revestida com nanopartículas de Pt. 1 M KOH pode ser usado como um eletrólito. A dissociação da água será realizada sob condições de controle extremas, utilizando-se um eletrodo tri-dividido (com Ag/AgCl como eletrodo de referência) ou uma configuração de dois eletrodos. Em qualquer caso, o catodo será em um recinto de vidro sinterizado separado, facilitando a remoção de hidrocarboneto sendo feita na superfície do catodo. O hidrogênio fotogerado será alimentado diretamente através do sistema de metanação, enquanto que o oxigênio puro sendo criado será usado como um gás de combustão ou por fontes externas.

Um reator Sabatier consistindo de canais nanotubulares de TiO_2 revestidos com um catalisador de metanação metanará o hidrogênio sendo formado e o gás- CO_2 do gás de descarga. O padrão nanotubular de

TiO₂ revestido com catalisador será laminado para formar canais de reação encamados compactos e localizado dentro de um reator Sabatier especialmente formado. O reator será produzido de aço resistente a ácido e terá dispositivos para entrada e saída de gás. O reator terá uma possibilidade para esfriamento externo para controlar a temperatura. Quando a reação Sabatier tiver sido iniciada, a temperatura, em razão da produção de calor exotérmico, aumentará além da temperatura fixada e pode sinterizar o catalisador. Esfriamento externo do reator auxiliará no controle da temperatura no ponto determinado. Os testes serão conduzidos a 20 – 350°C.

10 Em todos os exemplos o ar ou CO₂ reintroduzido, água e oxigênio podem ser usados como um gás de combustão.

REIVINDICAÇÕES

1. Processo para reduzir emissão de CO₂ da combustão de materiais orgânicos com gás contendo oxigênio formando monóxido de carbono (CO) e dióxido de carbono (CO₂) assim como água (H₂O), e pelo menos o monóxido de carbono e dióxido de carbono e água produzidos através da combustão serem passados para dentro de um reator de gás catalítico de duas etapas, que em sua primeira etapa inclui um catalisador formando hidrogênio e oxigênio por dissociação de água e em sua segunda etapa um catalisador formando metano de reações em que CO, CO₂ e hidrogênio participam de acordo com um esquema de metanação, como segue:



caracterizado pelo fato de que o gás residual, antes da dissociação de água em hidrogênio e oxigênio, é reciclado para a combustão e usado como um gás inerte por partes do ou todo o oxigênio formado na dissociação de água, sendo passado de volta para a combustão do material orgânico, e que a energia liberada das reações 2 e 3 de formação de metano assim como energia incluída no gás residual e/ou das energias solar e eólica é usada para dissociar água em hidrogênio e oxigênio através da reação 5 por um material catalisador adequado.

2. Processo de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de pelo menos parte do hidrogênio sendo formado na reação entre monóxido de carbono e água ser retornada para a segunda etapa do reator para a formação de metano.

3. Processo de acordo com a reivindicação 1 ou 2, caracterizado pelo fato de ser realizado sem qualquer adição de gás contendo

nitrogênio (tal como ar) para evitar a formação de óxidos de nitrogênio.

4. Processo de acordo com as reivindicações 1 a 3, caracterizado pelo fato de partes do ou todo o metano formado serem usados como material de partida para outros processos.

5 5. Processo de acordo com as reivindicações 1 a 4, caracterizado pelo fato de o oxigênio formado ser usado como material de partida para outros processos.

10 6. Processo de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 5, caracterizado pelo fato de o CO₂ formado no gás de descarga sendo emitido ser captado e armazenado.

7. Processo de acordo com as reivindicações 1 a 6, caracterizado pelo fato de o CO₂ formado no gás de descarga sendo emitido ser captado e usado em outras conexões.

Fig. 1

Recirculação CO2 catalítica

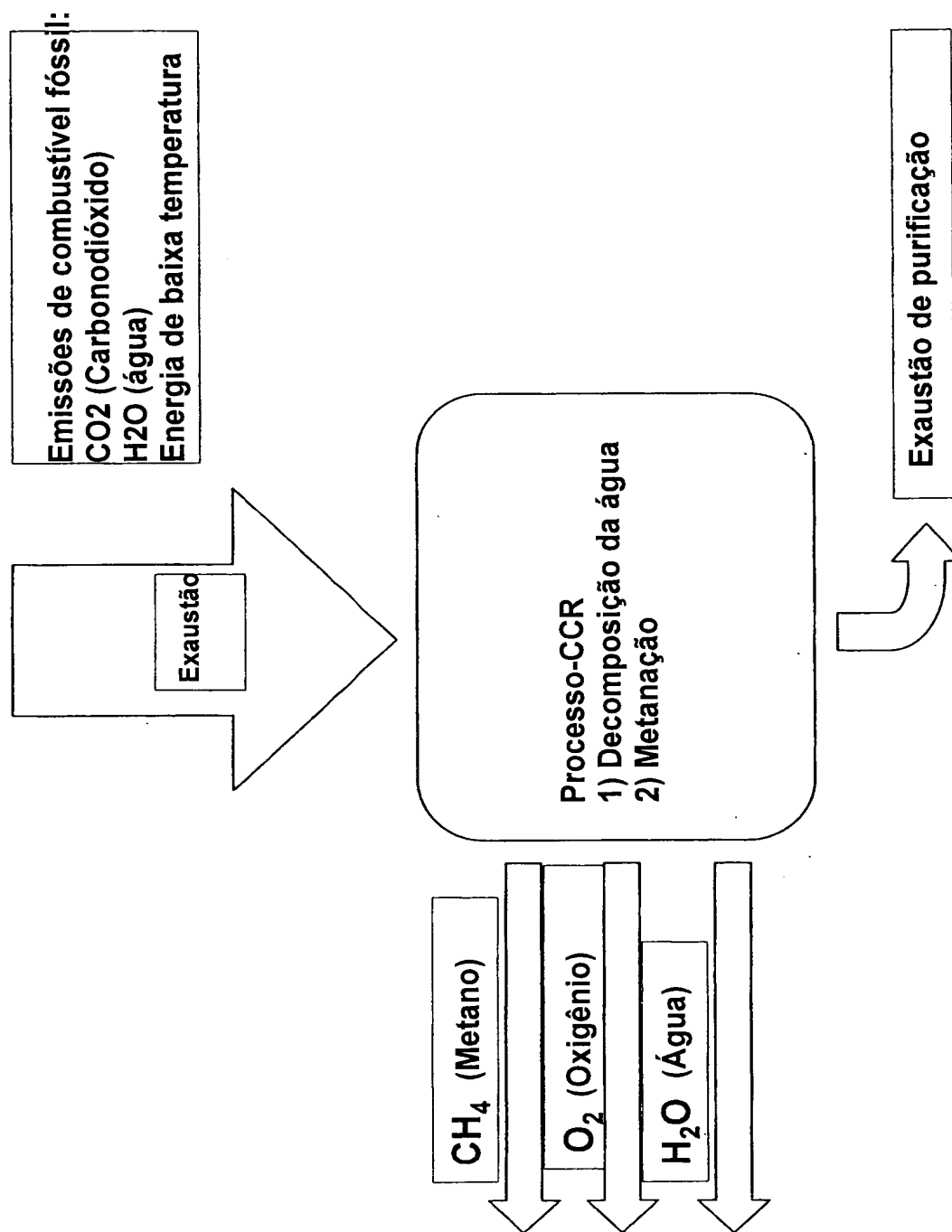


Fig. 2

Tecnologia CCR com recirculação- CO_2 –
Exemplo com turbina a gás/motor a gás

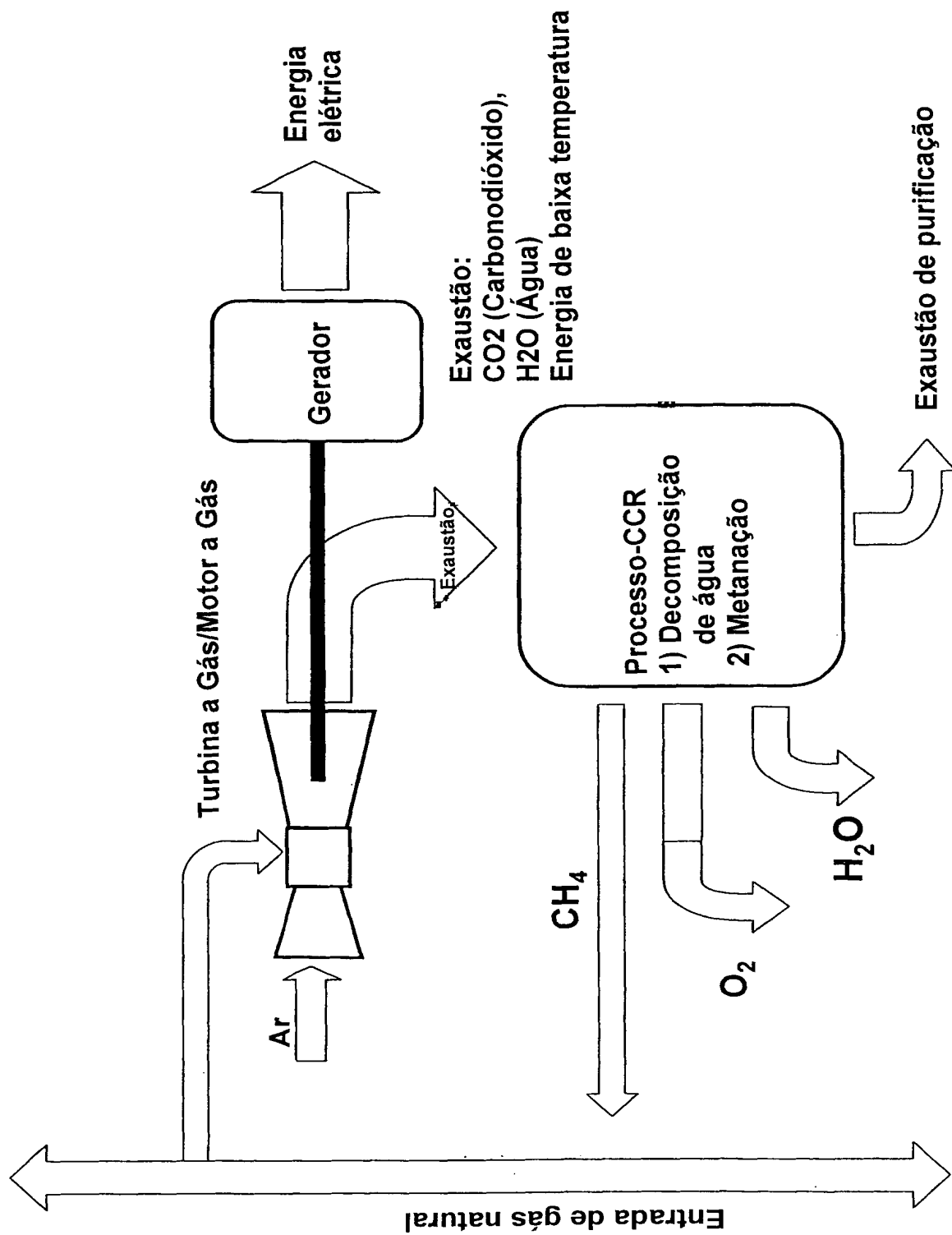


Fig. 3

Tecnologia CCR com recirculação CO₂, Exemplo com usina de força a carvão

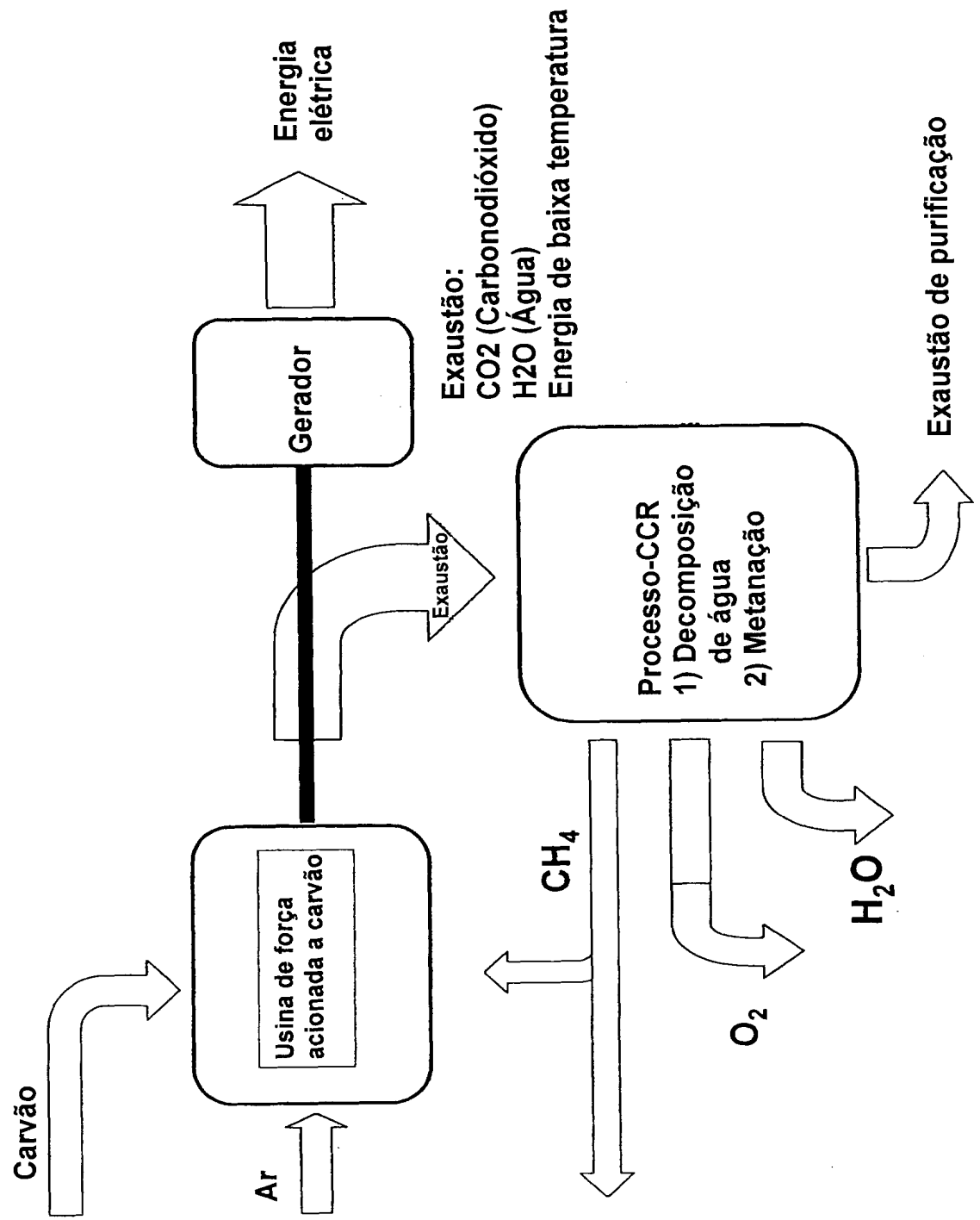


Fig. 4 Tecnologia CCR com recirculação CO₂ –
Exemplo doméstico

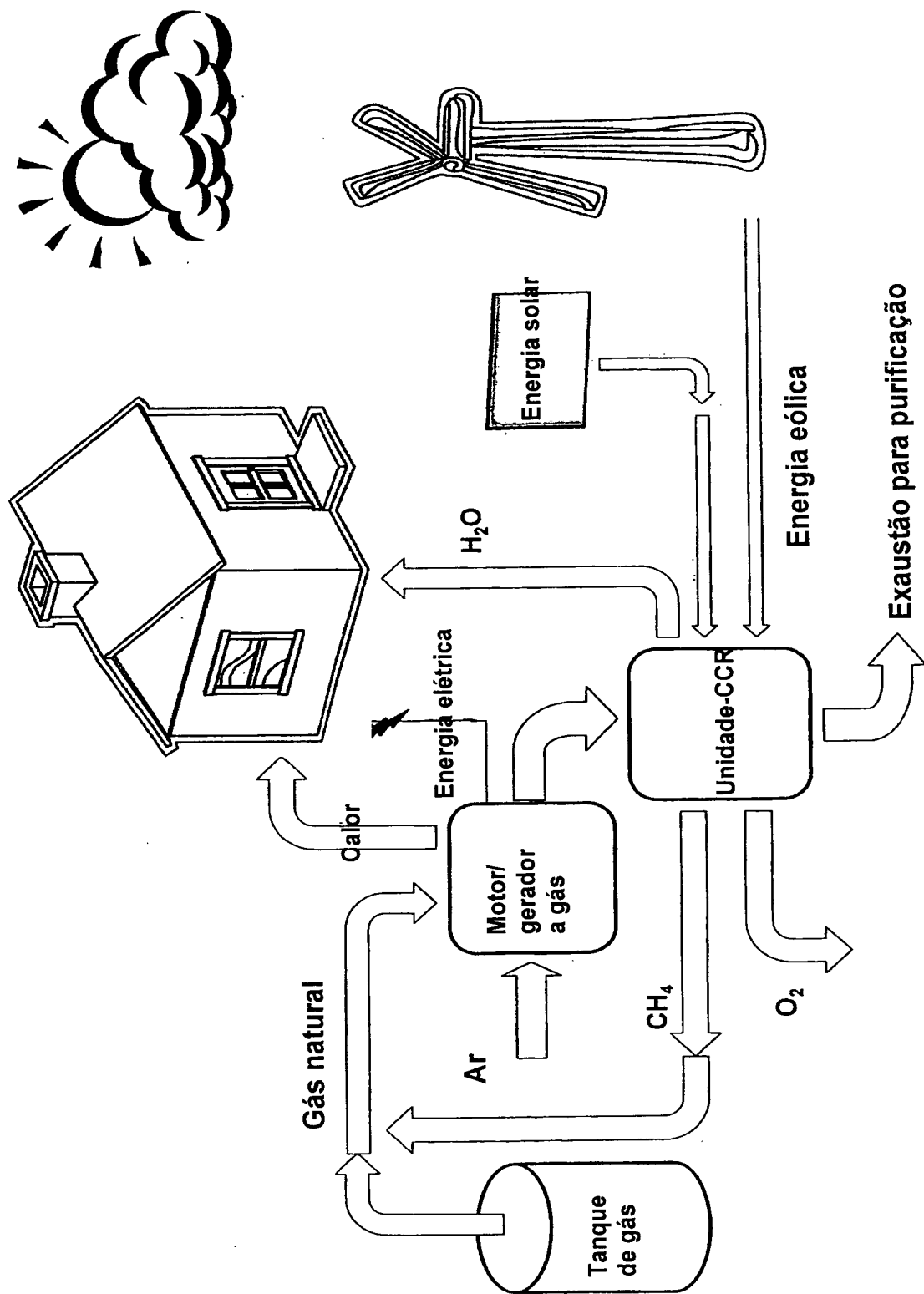
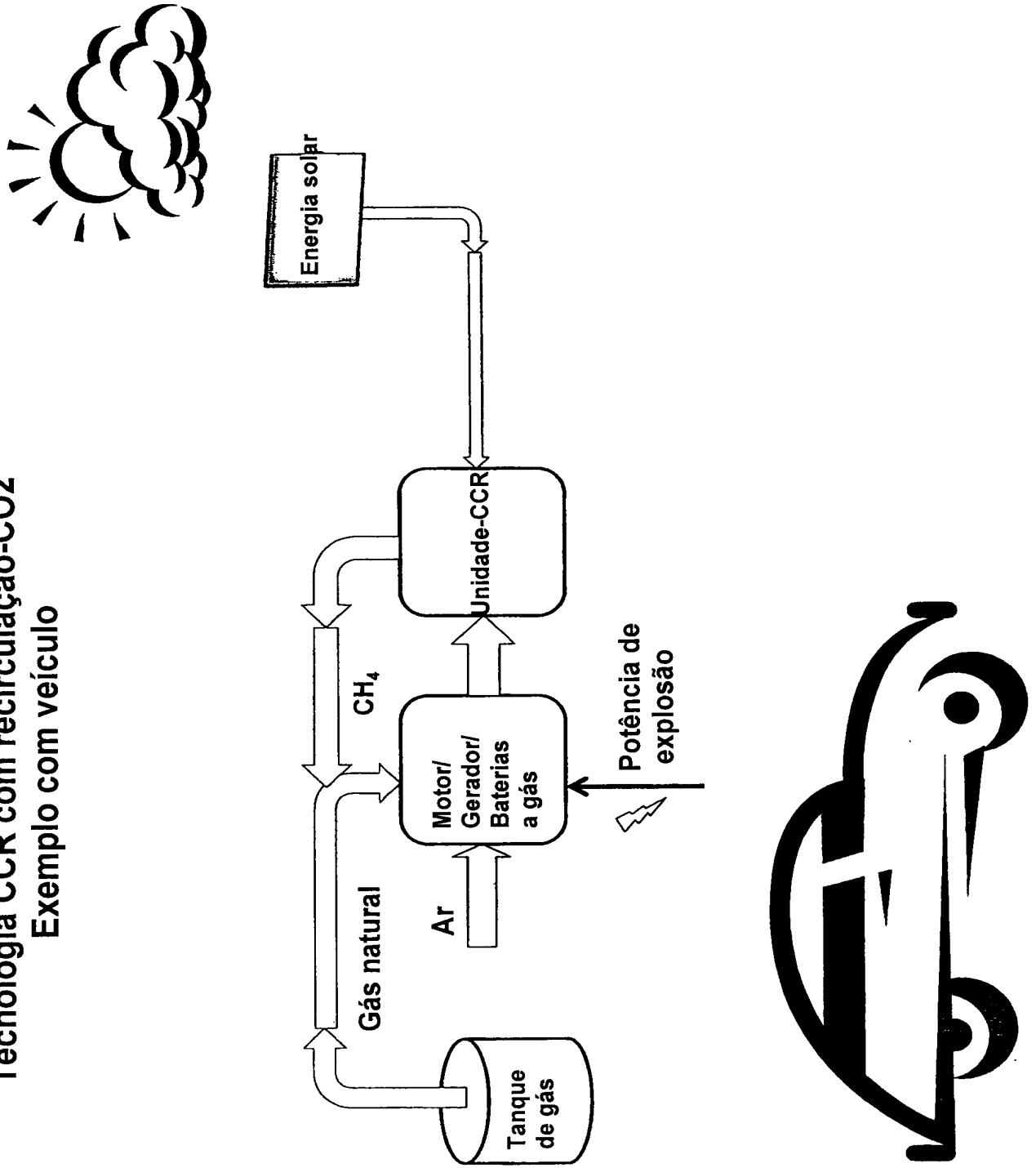


Fig. 5

Tecnologia CCR com recirculação-CO2
Exemplo com veículo



RESUMO

“PROCESSO PARA REDUZIR EMISSÃO DE CO₂ DA COMBUSTÃO DE MATERIAIS ORGÂNICOS”

5 É descrito um processo para produzir metano e oxigênio através da combustão de material orgânico, em dita combustão sendo formado dióxido de carbono e monóxido de carbono. A reação é realizada em um reator de gás catalítico na presença de água.