



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

(11) PI 0605397-1 B1

(22) Data do Depósito: 31/03/2006

(45) Data de Concessão: 26/01/2016
(RPI 2351)



(54) Título: SISTEMA E MÉTODO DE APROVEITAMENTO DE BIOGÁS

(51) Int.Cl.: C02F 1/00; F03B 11/00; E02B 9/00

(73) Titular(es): INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS DA AMAZÔNIA - INPA

(72) Inventor(es): ALEXANDRE KEMENES, LUZIA GOMES FERREIRA PAVANI, SYLVIA SOUZA FORSBURG, MARIA DA CONSOLAÇÃO GOMES CUNHA FERNANDES TAVARES

SISTEMA E MÉTODO DE APROVEITAMENTO DE BIOGÁS

Campo da invenção

Refere-se a presente invenção ao uso do biogás, derivado das águas profundas de represas durante e após sua passagem pelas turbinas de usinas hidrelétricas, para a redução das emissões atmosféricas de gases de efeito estufa e, mais particularmente, ao aproveitamento deste biogás para a geração de energia.

Resumo do estado da técnica

O biogás é uma mistura variável de gases biogênicos, compostos predominantemente de metano e gás carbônico que é produzido a partir da decomposição anaeróbica de material orgânico. No caso dos lagos formados pela inundação de terras decorrente da implantação de barragens para produção de energia hidrelétrica, tais reações ocorrem quando estiverem presentes condições anóxicas, independentemente da profundidade. Em geral, as águas estagnadas, próximas ao fundo e isoladas da atmosfera apresentam condições favoráveis à metanogênese. Apesar de ser pouco solúvel em água à pressão atmosférica, o metano dissolve-se bem em águas profundas.

Este fato encontra-se ilustrado na Fig. 1, que mostra um gráfico da relação entre a concentração de metano, à temperatura ambiente, em função da profundidade. Este gráfico foi composto a partir de diversas medições efetuadas no decorrer do período de um ano na represa de Balbina e indica valores típicos de concentração de CH_4 em partes por milhão. Conforme se observa, a partir de uma profundidade da ordem de 20 metros, equivalente à pressão de três atmosferas, o metano se torna bem solúvel em água, sendo, portanto o biogás produzido e pressurizado naturalmente nas águas profundas de reservatórios de hidrelétricas.

Quando esta água passa através das turbinas de uma hidrelétrica, a pressão hidrostática diminui bruscamente e grande parte do biogás presente em solução é emitida imediatamente para a atmosfera. Por ser emitido em um local limitado, esse gás pode ser coletado, armazenado
5 e queimado localmente para a produção de energia ou transportado para uso em outros locais

Tomando como um primeiro exemplo a represa da usina hidrelétrica de Balbina, estimou-se uma liberação de aproximadamente 297.926.000 metros cúbicos de biogás através das turbinas durante o ano
10 de 2004. Uma vez que as características das represas são diferentes entre si, o teor de metano no biogás varia de represa para represa e de ano para ano. No caso do biogás liberado na represa de Balbina, a porcentagem de metano na mistura gasosa em 2004 foi estimado em 43%. Este valor é inferior ao teor mínimo necessário para uma queima direta (45%), de
15 maneira que o gás metano terá que ser purificado ou enriquecido na mistura antes de queimá-la, caso o objetivo seja a geração de energia. Entretanto em outras represas, como Petit Sault na Guiana Francesa, foram encontrados teores de metano acima deste valor no biogás liberado a jusante das turbinas, permitindo uma queima direta. Evidentemente,
20 qualquer que seja o teor inicial de metano no biogás, o aumento de sua concentração na mistura resultará em maior poder calorífico do gás, aumentando a eficiência global do processo, seja na queima, no armazenamento ou no bombeamento do gás através de tubulações para outros locais.

25 Segundo mencionado, os componentes do biogás colaboram para o aquecimento global através do efeito estufa. Apesar do teor de gás carbônico ser maior que o de metano, a contribuição do último para o efeito estufa é muito superior, uma vez que potencial de

aquecimento atmosférico do metano é cerca de 21 vezes maior que o do gás carbônico. Para calcular a contribuição potencial de qualquer gás para o aquecimento global, o fluxo geralmente é convertido em equivalente de gás carbônico, utilizando fatores de conversão que consideram o peso molecular e potencial térmico de cada gás. No caso de metano este fator é 21. Aplicando este fator, a atual contribuição das emissões a jusante do reservatório para o aquecimento global, incluindo os fluxos de CO₂ e CH₄, é de 2.135.000.007 kg em equivalentes de CO₂.

Objetivos da invenção

10 Em vista do exposto, um dos objetivos da presente invenção o aproveitamento do metano ou do biogás para geração de energia térmica, com outras finalidades industriais.

 Constitui um segundo objetivo o provimento de um sistema que reduza as emissões de metano para a atmosfera, de modo a diminuir substancialmente o aquecimento global por efeito estufa. Esta redução poderia ser convertida em créditos de carbono para o país envolvido.

Descrição resumida da invenção

 Os objetivos citados, bem como outros, são atingidos pela invenção com base no fato de que a mistura gasosa biogênica (biogás), composta predominantemente de metano e gás carbônico, presente nas águas profundas de reservatórios, pode ser eficientemente coletada durante e após a passagem destas águas pelas turbinas de uma usina hidroelétrica e usada para gerar energia, reduzindo no processo as emissões atmosféricas de metano e a contribuição destas usinas ao aquecimento global.

25 De acordo com outra característica da invenção, são providos meios de captação dos gases gerados pela súbita descompressão da água utilizada na geração de energia hidrelétrica.

 De acordo com outra característica da invenção, ditos

meios serão localizados a jusante dos bocais de descarga da água após sua passagem pelas turbinas ou em dutos para a eliminação do biogás durante a sua passagem pelas turbinas.

De acordo com mais uma característica da invenção, ditos
5 meios seriam providos por câmaras de captação que evitam a saída direta do biogás liberado para a atmosfera.

De acordo com mais uma característica da invenção, ditas câmaras de captação seriam seguidas por meios de tratamento do biogás para aumento da concentração do metano. No caso do biogás com teor de
10 metano acima de 45%, este tratamento seria opcional.

Segundo outra característica da invenção, o metano é armazenado e pode ser transportado para locais remotos através de gasodutos.

Segundo outra característica da invenção, o metano pode
15 ser queimado localmente em instalações geradoras de energia termoelétrica ou em outros locais caso seja transportado,

Segundo outra característica da invenção, o gás carbônico poderia ser utilizado na fabricação de uma série de produtos industriais.

Descrição das figuras

20 As vantagens e demais características da invenção tornar-se-ão mais evidentes mediante a descrição, dada a título de exemplo e não num sentido de limitação, de uma concretização preferida e das figuras que a ela se referem, nas quais:

A figura 1 mostra a variação média da concentração de
25 metano e da pressão hidrostática com a profundidade na represa de Balbina em 2004,

A figura 2 ilustra de forma simplificada, uma vista em corte de uma barragem e correspondente usina hidroelétrica, bem como o

sistema de tratamento, armazenamento, e aproveitamento do biogás, de acordo com os princípios de invenção.

Descrição detalhada de uma concretização preferida

Segundo já mencionado, a invenção se refere ao uso do biogás, derivado das águas de represas durante e após sua passagem pelas turbinas de hidrelétricas, para a geração de energia, e redução das emissões atmosféricas de gases de efeito estufa. O conceito inclui os seguintes elementos distintos:

- o Uma hidrelétrica pré-existente ou planejada;
- o Meios para a coleta de biogás;
- o Meios de purificação/enriquecimento, obrigatórios ou opcionais, dependendo do teor de metano no biogás;
- o Meios de armazenagem e/ou de transporte do gás, enriquecido ou não;
- o Um método para gerar energia a partir do biogás ou do gás metano purificado.

De acordo com a Fig. 2, a usina hidroelétrica está constituída por uma barragem 11 para represamento da água 12 a montante, pelo menos uma turbina hidráulica 13 que é acoplada ao gerador 14 por meio do eixo 15. A água sob pressão a montante penetra na tubulação 16 que alimenta a turbina e, após passagem por esta última, sai pelo bocal de descarga 17, a uma pressão substancialmente reduzida e igual à atmosférica. A redução de pressão que ocorre na passagem da água pelas turbinas resulta na liberação do biogás que, conforme se verifica no gráfico da Fig. 1, é pouco solúvel na água à pressão atmosférica.

Diferentes métodos podem ser utilizados para separar, coletar, armazenar, purificar e queimar o biogás, para gerar energia com

maior ou menor eficiência.

Se a porcentagem (por volume) de metano no biogás for maior do que 45% ele pode ser queimado diretamente ou processado para concentrar ou purificar o metano na mistura o que aumentará o potencial calorífico do gás. Se a porcentagem de metano for menor de 45% será necessário purificar ou concentrar o metano presente no biogás antes de queimá-lo.

O biogás coletado ou metano derivado do biogás poderá ser queimado para gerar energia próxima à usina hidrelétrica de origem ou pode ser transportado para ser consumido em outras regiões. A energia elétrica gerada próximo ao local de coleta poderá ser transmitida utilizando linhas de transmissão já existentes.

Novas e antigas unidades hidrelétricas podem ser projetadas ou adequadas à coleta e ao aproveitamento do biogás.

De acordo com os princípios da invenção e segundo ilustrado na Fig. 2, são providos meios de captação 28 do gás liberado nas turbinas, que é encaminhado a uma câmara de captação 18 que coleta também o gás a jusante das turbinas desprendido da superfície livre da água. O biogás captado é então bombeado, através da tubulação 19, para um equipamento opcional purificador e concentrador 21, destinado a aumentar a concentração de metano contido no biogás. Na concretização ilustrada, o gás enriquecido, que possui alto teor de metano, é encaminhado a um reservatório 22 para posterior aproveitamento como combustível num equipamento de geração termelétrica 23, sendo a energia elétrica produzida encaminhada à rede de distribuição existente 24.

Outra opção de aproveitamento consiste no transporte do metano ou do biogás para outros locais, mediante o bombeamento através de um gasoduto (não ilustrado).

O provimento do reservatório 22 permite que o metano ou biogás possa ser utilizado como fonte auxiliar de energia elétrica nos horários de pico, possibilitando maior eficiência no gerenciamento dos recursos hídricos, bem como um custo menor no equipamento gerador, uma vez que este não precisará ser dimensionado para atender aos picos de demanda.

A queima da mistura gasosa e do metano purificado pelo processo descrito, liberará predominantemente gás carbônico e água para a atmosfera terrestre através das saídas 29 e 30. Como o potencial de aquecimento atmosférico do gás carbônico é de cerca de 21 vezes menor que o do metano, isso reduzirá significativamente a contribuição da usina para o aquecimento global, podendo esta redução atingir 75%.

O gás carbônico liberado na queima do biogás ou metano (29), e aquele isolado durante a purificação do metano (30, opcional) poderia ser armazenado e/ou transportado e utilizado na fabricação de uma série de produtos industriais como bebidas gaseificadas, entre outros, sem o consumo de combustíveis fósseis normalmente usados na fabricação de gás carbônico industrial.

Se bem que a invenção tenha sido descrita com base numa concretização específica, fica entendido que modificações poderão ser introduzidas no sistema proposto, o qual fica definido e delimitado pelo conjunto de reivindicações que se segue.

REIVINDICAÇÕES

1. SISTEMA DE APROVEITAMENTO DE BIOGÁS liberado nas usinas hidroelétricas durante a súbita descompressão da água que passa pelas turbinas, **caracterizado** por compreender:

a) provimento de meios de captação (28) e câmara de captação (18) de ditos gases durante e após a passagem pelas turbinas (13), sendo tais gases utilizados em equipamentos de geração de energia termoelétrica e ditos meios de captação (28) e câmara de captação (18) localizados a jusante dos bocais de descarga (17) da água após sua passagem pelas turbinas (13) ou em dutos para eliminação do biogás durante a sua passagem pelas turbinas;

b) meios de purificação e enriquecimento de metano (21) no gás captado, caso o teor de metano no gás captado seja menor que 45% por volume;

c) meios de armazenamento do gás (22);

d) tubulação (19) para transporte do biogás bombeado a partir da câmara de captação (18) para um local remoto.

2. MÉTODO DE APROVEITAMENTO DE BIOGÁS liberado durante e após a passagem da água pelas turbinas (13) nas usinas hidroelétricas, conforme o sistema descrito na reivindicação 1, **caracterizado** pelo fato de compreender meios de captação (28) deste biogás liberado pela água utilizada pela turbina (13) e seu tratamento posterior.

3. MÉTODO, de acordo com a reivindicação 2, **caracterizado** pelo fato de dito tratamento compreender o aumento do teor de metano contido no referido biogás, caso este seja menor do que 45% em volume.

4. MÉTODO, de acordo com a reivindicação 2 ou 3, **caracterizado** pelo fato de dito tratamento compreender o armazenamento do biogás em reservatório (22).

5. MÉTODO, de acordo com a reivindicação 2 ou 3, **caracterizado** pelo fato de dito tratamento compreender a etapa de bombeamento e do transporte do biogás para local remoto através de tubulação (19).

6. MÉTODO, de acordo com a reivindicação 5, **caracterizado** pelo fato de dito tratamento compreender a combustão de dito biogás em equipamento gerador termoelétrico (23).

7. MÉTODO, de acordo com a reivindicação 6, **caracterizado** pelo fato da combustão do biogás ocorrer em horários de pico de demanda de energia.

FIGURAS

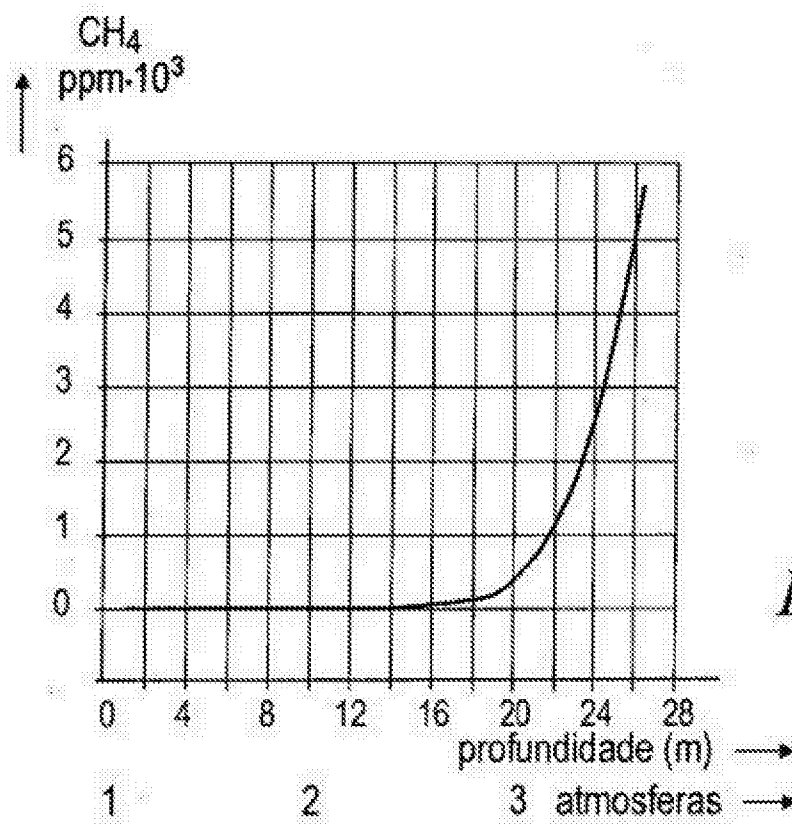


Fig. 1

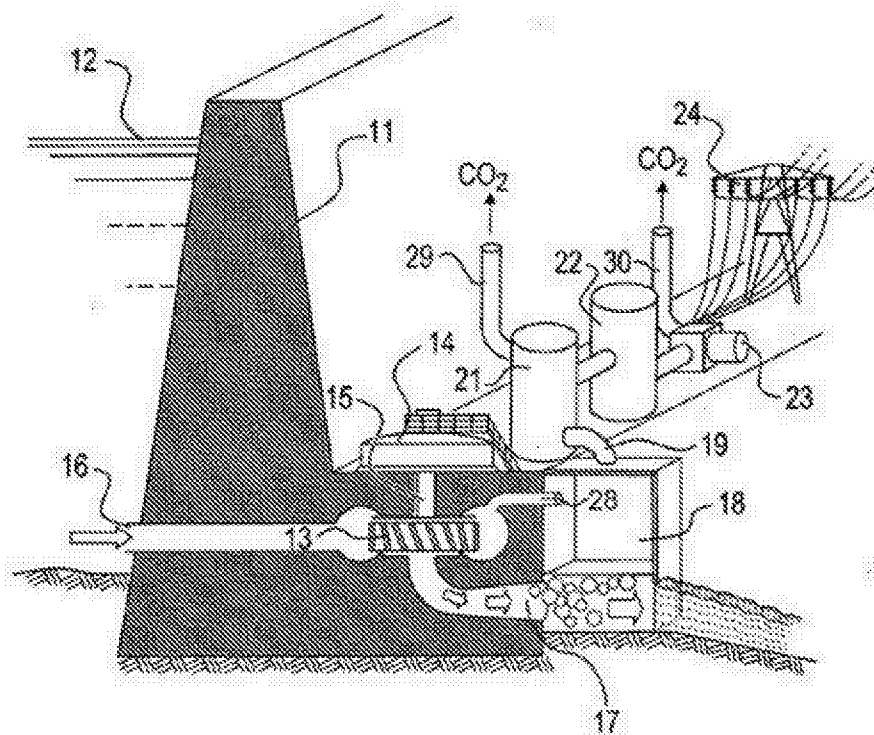


Fig. 2

RESUMO

SISTEMA E MÉTODO DE APROVEITAMENTO DE BIOGÁS derivado das águas profundas dos lagos formados pela inundação de terras decorrente da implantação de barragens para produção de energia hidrelétrica, visando reduzir as emissões de metano para a atmosfera, de modo a diminuir substancialmente o aquecimento global por efeito estufa, bem como aproveitar este biogás para a geração de energia. O biogás liberado nas usinas hidroelétricas durante a súbita descompressão da água que passa pelas turbinas, é captado durante e após a passagem pelas turbinas, podendo ser armazenado para ulterior aproveitamento ou queimado localmente em instalações geradoras de energia termoelétrica ou ainda em outros locais caso seja transportado por gasodutos.