

TRANSFORMAÇÃO E OBTENÇÃO DO BIOGÁS METANO POR MEIO DE BIODIGESTORES ANAERÓBIOS PARA GERAÇÃO DE ENERGIA

Ronaldo Fernandes Medeiros¹

Edgar Benavides Amorim²

Vagner Giroto³

339

RESUMO

O presente artigo tem por objetivo fazer referencial bibliográfico bem como analisar aspectos econômicos e técnicos em relação a transformação e obtenção do biogás metano por meio de biodigestores anaeróbios para produzir energia. (No aspecto econômico é realizado um estudo sobre a viabilidade deste projeto de geração de energia de forma a conciliar a própria geração e a que a concessionária fornece, além da possibilidade de utilizar as sobras dos resíduos como fertilizantes. Em relação a questões ambientais, destaca-se também o tratamento de resíduos poluentes, gerados por diversas atividades, contribuindo para reduzir ou eliminar a emissão de carbono na atmosfera.

Palavras-Chaves: Biogás, Biodigestor, Energia, Anaeróbio, Metano.

ABSTRACT

The present article aims to make a bibliographical reference as well as to analyze economic and technical aspects regarding the transformation and obtaining of methane biogas by means of anaerobic biodigestors to produce energy. (In the economic aspect, a study is carried out on the feasibility of this energy generation project in order to reconcile the generation itself and the one that the concessionaire provides, as well as the possibility of using waste leftovers as fertilizers. The treatment of polluting waste generated by various activities, contributing to reduce or eliminate the emission of carbon in the atmosphere.

Key Words: Biogas, Biodigestor, Energy, Anaerobic, Methane.

1. INTRODUÇÃO

Com a atual mudança de hábitos da sociedade, principalmente a mais acesso a produtos de consumo devido as mudanças das classes sociais, iniciou um problema de maior geração de resíduos sólidos e efluentes domésticos.

¹ Graduando em Engenharia de Produção pelo Centro Universitário Eurípides de Marília - UNIVEM

² Graduando em Engenharia de Produção pelo Centro Universitário Eurípides de Marília - UNIVEM

³ Graduando em Engenharia de Produção pelo Centro Universitário Eurípides de Marília - UNIVEM

A destinação final do material orgânico urbano é um dos maiores problemas ambientais enfrentados pelas grandes cidades de todo o mundo e tende a piorar com o aumento do consumo de produtos descartáveis, que estão sendo a maior parte a compor os grandes volumes de lixo produzido pela população.

Os aterros sanitários são atualmente a forma mais econômica de se destinar os resíduos sólidos urbanos. Onde são utilizadas técnicas de engenharia ambiental para armazenar os dejetos no menor perímetro possível, reduzi-los a um menor volume e cobri-los com camadas de terra, portanto é considerado como um método ultrapassado, já que não tem como tirar proveito de suas transformações que passam o material orgânico, pelos seus impactos ambientais e riscos de explosões.

Nos aterros de lixo, um dos problemas ambientais considerados é a emissão de biogases, mistura de elementos gasosos de fácil combustão produzidos pela digestão anaeróbia de materiais orgânicos, constituindo-se por aproximadamente 45% de CO₂ (dióxido de carbono), 50% de CH₄ (metano), elemento gasoso inflamável, onde existe a possibilidade de ser captado e utilizado como gerador de energia, e o restante por 3% de N₂ (nitrogênio), 1% de O₂ (oxigênio) e 1% de outros gases (LEONE, 2003). O poder calorífico do CH₄ é de 14,9 a 20,5 MJ/ m³, aproximadamente 5800 kcal/m³. (Pecora Garcilasso, et al., s.d.)

Já existem aterros sanitários que além do armazenamento, fazem o uso do biogás gerado, onde por meio de sistemas de captação que faz o dreno do biogás. A impermeabilização da base e da cobertura dos aterros aceleram a fermentação que ocorre nos resíduos orgânicos aumentando, conseqüentemente, o volume de produção de biogás. Além desse aproveitamento, podemos citar também a minimização de contaminações tanto nos solos como em lençóis freáticos. (Pecora Garcilasso, et al., s.d.)

No dizer de Cunha (2002), a captação do biogás oriundo do processo de decomposição dos resíduos orgânicos descartados pelos centros urbanos em aterros é altamente viável, já que analisando do ponto de vista econômico, energético e ambiental, obtém-se redução nos custos para a Prefeitura local e um destino adequado seguindo os parâmetros das normas para os resíduos orgânicos.

2. PROBLEMAS

Uma das maiores dificuldades encontradas na destinação dos resíduos orgânicos gerados pela população, é como reaproveita-los ou descarta-los de forma ecologicamente correta.

A falta de incentivo por parte governamental e política para conscientização das indústrias e da comunidade referente ao tema, envolvendo a sociedade de forma geral, iniciando com ações nas indústrias, escolas e meios urbanos no geral, falta também de uma política voltada ao assunto e incentivo a mudança de cultura.

3. OBJETIVOS

A finalidade deste artigo é pesquisar, analisar e apresentar por meio de resultados decorrentes das pesquisas documentais, como é o funcionamento dos sistemas de biodigestores anaeróbios, como ocorre a transformação e quanto a viabilidade técnica e econômica da geração de energia elétrica a partir dos biogases gerados por meio de biodigestores anaeróbios e apontar as principais vantagens da aplicação deste sistema no meio urbano.

As pesquisas realizadas neste trabalho se justificam devido ao crescente acúmulo de resíduos orgânicos descartados (nos aterros), onde esses resíduos necessitam de tratamento para um desenvolvimento sustentável. Outra justificativa para este projeto são os altos custos e impactos ambientais causados por outras fontes geradoras de energia, sendo que muitas regiões acabam sendo afetadas também pela falta de energia. Também é justificável quanto a possibilidade de economia com energia elétrica ou um crédito com uma concessionária de energia elétrica.

4. METODOLOGIA

A pesquisa desenvolvida é classificada como qualitativa e será abordada fazendo-se uso do método indutivo e caráter descritivo. Quanto aos procedimentos técnicos a pesquisa pode ser classificada como: bibliográfica, documental e de levantamento.

Os estudos de pesquisa qualitativa diferem entre si quanto ao método, à forma e aos objetivos. Godoy (1995) ressalta a diversidade existente entre os trabalhos qualitativos e enumera um conjunto de características essenciais capazes de identificar uma pesquisa desse tipo, a saber:

(1) o ambiente natural como fonte direta de dados e o pesquisador como instrumento fundamental;

(2) o caráter descritivo. (GODOY, 1995)

Piore aponta que “o emprego de métodos qualitativos pode conferir redirecionamento da investigação, com vantagens em relação ao planejamento integral e prévio de todos os passos da pesquisa”, sendo para este trabalho um ponto muito interessante a ser analisado. (PIORE, 1979)

5. REFERENCIAL BIBLIOGRÁFICO

5.1 Resíduos Sólidos Urbanos

O planeta vem a cada dia aumentando sua população de tal forma que já ultrapassamos sete bilhões de habitantes, um crescimento de dois bilhões em 25 anos. Grande parte dessas pessoas se concentra nos grandes centros urbanos, isso resultam num aumento do consumo de produtos e serviços, onde, em contrapartida, gera uma quantidade maior de resíduos sólidos que retorna para a natureza. (ABRELPE, 2008).

Esse aumento na geração de resíduos sólidos gera um dos principais problemas enfrentados pelos grandes centros, à administração, gerenciamento e destinação final. Hoje essas cidades possuem aterros onde os lixos são depositados, mas com esse crescimento viu-se a possibilidade de reutilizar os gases gerados pelos materiais orgânicos como uma fonte de energia. O biogás é um deles, mas não se pode ter como solução para o problema.

Segundo o IPCC – International Panel on Climate Change (1996), 5 a 20% do gás metano liberado de fontes antropogênicas são provenientes dos aterros sanitários. Segundo a metodologia do IPCC (1996), e com dados estatísticos de população e geração de resíduos sólidos em 1990 foram produzidos 618.000 t e 677.000 t em 1994. As emissões desses gases não causam apenas danos no efeito estufa, causam também nas vegetações e na saúde humana. (RENABIO, s.d.)

5.2 Biodigestor Anaeróbio

O biodigestor anaeróbio trata-se basicamente de uma câmara que armazena resíduos orgânicos por meio de um sistema de capitação, na qual ocorre um processo bioquímico onde a massa é fermentada pelo processo anaeróbio, caracterizado por digestão anaeróbia, que tem como resultado a produção do biogás metano e o dióxido de carbono, onde é canalizado para ser utilizado para diversos fins de produção de energia e também na formação de biofertilizantes. (MAGALHÃES, 1986).

5.3 Seu Funcionamento

Nesta primeira etapa, a matéria orgânica é desintegrada em moléculas menores pela ação das bactérias hidrolíticas e fermentativas. As primeiras transformam proteínas em peptídeos e aminoácidos, polissacarídeos em monossacarídeos, gorduras em ácidos graxos, pela ação de enzimas extracelulares, como a protease, a amilase e a lipase. As bactérias fermentativas transformam esses produtos em ácidos solúveis (ácido propanoico e butílico), álcoois e outros compostos. Na segunda etapa, as bactérias acetônêmicas transformam os produtos gerados na primeira etapa em ácido acético (CH_3COOH), hidrogênio e dióxido de carbono. (SOSA;CHAO; RIO, 2004).

Essas bactérias podem atuar tanto em meio aeróbio como anaeróbio. O oxigênio do material orgânico não aproveitado no processo aeróbio do sistema é utilizado para efetuar essas transformações. O metano é formado na última etapa da produção do biogás. As bactérias metanogênicas, que formam o metano, transformam o hidrogênio, o dióxido de carbono e o ácido acético (CH_3COOH) em metano e dióxido de carbono. Estas bactérias anaeróbias são extremamente sensíveis a mudanças no meio, como temperatura e pH. (Sosa & Chao, 2004)

As bactérias que produzem o biogás são mesofílicas, vivem entre 35 a 45 °C e são 25 sensíveis a alterações de temperatura. Altas variações de temperatura podem fazer com que as bactérias metanogênicas não sobrevivam, no qual poderia acarretar uma diminuição considerável da produção de biogás.

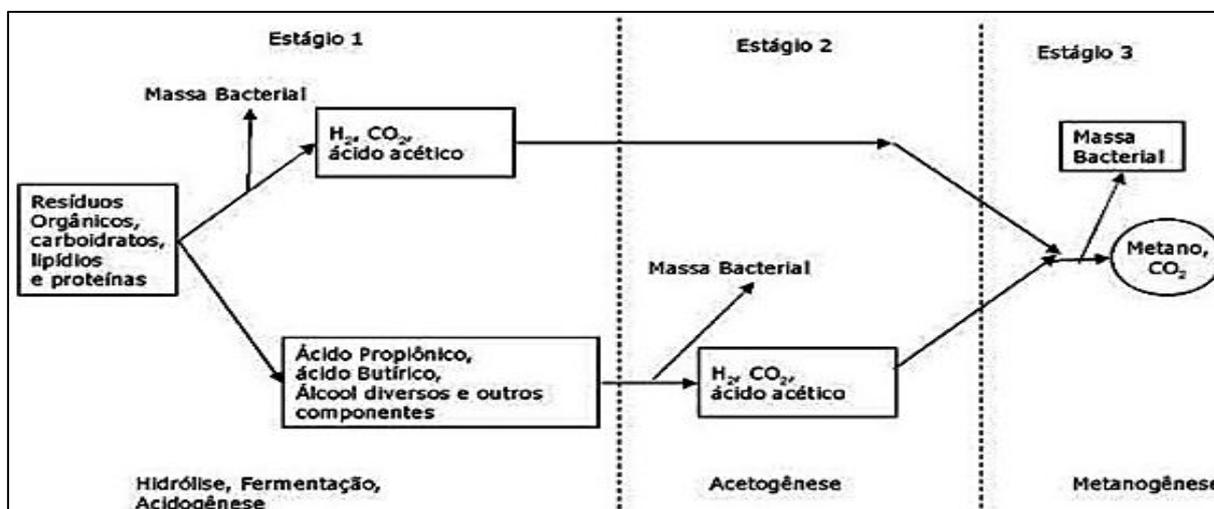
Outro fator importante que devemos levar em consideração é a acidez do processo, já que as bactérias que produzem o metano só conseguem sobreviver com o pH entre a faixa de 6,5 e 8,0. Assim, enquanto as bactérias constantes das etapas um e

dois da digestão anaeróbia fazem a produção de ácidos, as bactérias que produzem o metano consomem os ácidos produzidos, tornando estável em meio neutro. (SOSA ;CHAO; RIO, 2004).

O biogás metano que é liberado pelas bactérias anaeróbias é armazenado em um gasômetro. Após um certo período da carga inicial, a produção de gás estabilizará e então dá-se continuidade à recarga do biodigestor após certo período. (MORAES, 1980).

NA (Figura 1) abaixo podemos ilustrar todos os estágios necessários para a formação do biogás.

Figura 1 – Processo de produção de biogás

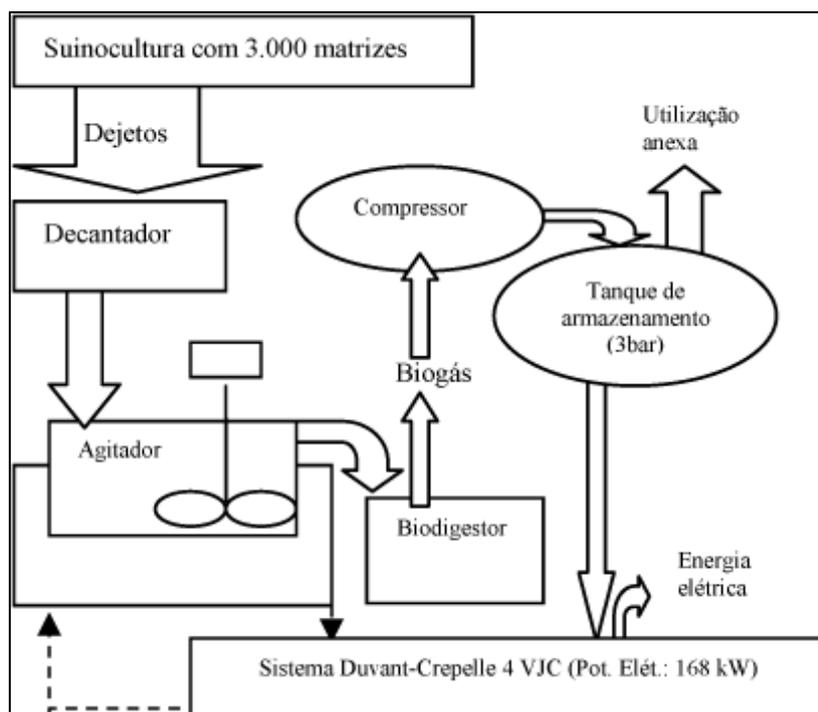


Fonte: PIPGE – IEE/USP

Para a produção de um metro cúbico (m³) do biogás são necessários utilizar 25 kg de esterco de animais bovinos; ou 5 kg de dejetos avícolas (seco); 12kg de dejetos suínos; ou 25 kg de plantas ou cascas de cereais; ou 20 kg de lixo orgânico. Dejetos humanos também podem ser utilizados para a produção do biogás.

O processo é mais rentável quando a temperatura dos resíduos estão entre 30° e 35° C. Nesses parâmetros, a produção do biogás se torna mais eficiente, pois a quantidade de biogás gerado em relação a quantidade de resíduos é relativamente maior se comparado a outros parâmetros de temperatura. Por isso, a necessidade de enterrar o biodigestor. Quando colocado abaixo do solo, as temperaturas tendem a ser cada vez maiores e a sofrer incidência de variações também é menor. (Vigilantes da Energia, s.d.)

Figura 2 – Sistema de um biodigestor anaeróbio.



Fonte: (Silveira, 1994)

A Tabela abaixo apresenta o exemplo de balanço energético com sistemas Duvant-Crepelle para a geração de Biogás, que gera poder calorífico inferior de 23.020 kJ/Nm³.

Tabela 1 – Balanço energético do sistema tipo Duvant-Crepelle.

Tipo de motor	4VJG		5 VJG	
	(1)	(2)	(1)	(2)
Versão	(1)	(2)	(1)	(2)
Consumo de gás (Nm ³ /h)	80,8	153,1	101,0	191,4
Energia introduzida (kW)	583,5	1.065,2	729,5	1.331,6
Energia mecânica (kW)	216,3	397,8	271,0	494,6
Rendimento do motor (%)	37,1	37,4	37,2	37,2
Potência elétrica (kW)	196	368	248	460
Calor recuperado (kW)	249,4	454,9	311,7	568,6
Rendimento global (%)	76,4	77,3	76,7	77,3

Nota: (1) Aspiração natural
(2) Sobrealimentação

Fonte: (Silveira, 1994)

6. BIOGÁS

O que chamamos de Biogás nada mais é do que uma mistura de gases gerados a partir da decomposição de resíduos orgânicos por bactérias. No processo de geração de eletricidade a partir do biogás, a energia química do gás é convertida em energia mecânica através de um processo controlado de combustão, a energia mecânica gerada nesse processo alimenta um gerador onde o mesmo fornece energia elétrica.

Os resíduos orgânicos podem ser processados de três maneiras como fonte de energia; combustão direta, gaseificação e a reprodução do processo natural na formação do biogás. Essa reprodução faz com que os micro-organismos atuem em um ambiente anaeróbico fazendo a decomposição do material orgânico, essa decomposição gera gases entre eles o biogás.

Na maioria das vezes o biogás é formado por 60% de metano (CH₄), 35% de dióxido de carbono (CO₂) e 5% é composto por uma mistura de hidrogênio, nitrogênio, amônia, ácido sulfídrico, monóxido de carbono, aminas e oxigênio, essa porcentagem pode variar de 40% a 80% de metano dependendo das condições da matéria orgânica que está sendo utilizada. (eCycle, s.d.)

6.1 Características do Biogás

O biogás proveniente da biodigestão representa apenas 2 a 4% do peso da matéria orgânica usada no processo produtivo. Seu poder calorífico pode variar entre 22.500 a 25.000 KJ m⁻³, assumindo o metano como 35.800 KJ m⁻³. Esse valor representa um aproveitamento de 6,25 a 10 kwh m⁻³ (JORDÃO & PESSOA, 1995). Quando tratado (remoção do CO₂), seu poder calorífico pode chegar a 60% comparado ao poder calorífico do gás natural.

No biogás temos traços de sulfeto de hidrogênio (H₂S), esse ácido faz com que o biogás seja corrosivo, desta forma deve-se ter cuidados como os equipamentos utilizado no processo de reutilização do biogás (KARINA & LORA).

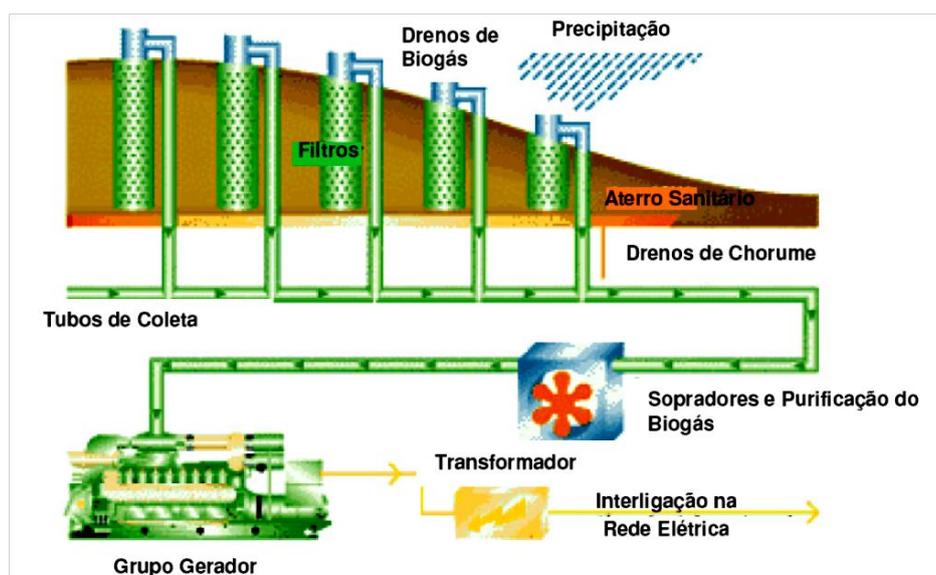
6.2 Sistema de Captação do Biogás

Os resíduos orgânicos dos aterros sanitários sofrem um processo químico de fermentação e decomposição gerando o biogás. Os gases gerados são captados por poços de até 40 metros.

É introduzido no sistema energia em forma de vácuo com a finalidade de controlar o fluxo do biogás. Aplicando o vácuo (pressão negativa) cria-se uma região ou perímetro de influência em volta de cada poço onde é aspirado os gases de dentro do aterro.

Na figura abaixo temos uma ilustração do processo de captura até a geração de energia. (ENERGÁS, s.d.)

Figura 3 – Sistema de captação



Fonte: (WILLUMSEN, 2001)

6.3 A vantagem de uso do biogás

A principal vantagem da utilização do gás natural é a preservação do meio ambiente, bem como uma economia na geração de energia, visto que ele é uma fonte de combustível que polui menos que os gases convencionais, como exemplo o óleo diesel.

É um produto que não precisa ser feito nenhum tipo de alteração, ou seja, já está pronto para o uso, não é necessário passar por nenhum processo de transformação, pode ser transportado por dutos com muita segurança, vindo direto de suas fontes produtoras.

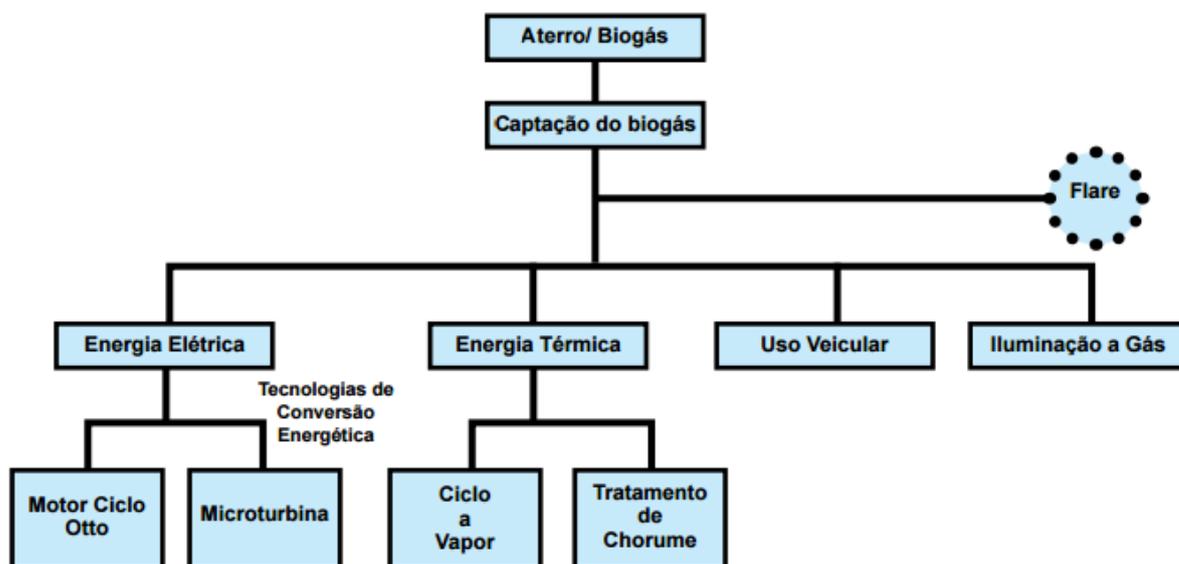
MEDEIROS, Ronaldo F.; AMORIM, Edgar B.; GIOTTO, Vagner. TRANSFORMAÇÃO E OBTENÇÃO DO BIOGÁS METANO POR MEIO DE BIODIGESTORES ANAERÓBIOS PARA GERAÇÃO DE ENERGIA.

O gás natural pode ser também um bom produto para substituir os produtos usados para a combustão pelas usinas, a lenha e nucleares, diminuindo consideravelmente os níveis de poluição, bem como de desmatamento e de acidentes ambientais que ocorrem. Nas residências, o gás oferece grande conforto e praticidade. Podendo ser usado no aquecedor, permitindo que se tenha aquecimento na cozinha e no banheiro. O Biogás que passa por dutos tem uma chama limpa e não deixa resíduos ou contaminações nos equipamentos, reduzindo despesas com manutenção, etc. (Vigilantes da Energia, s.d.)

6.4 Alternativas para uso do biogás

Podemos citar diversas alternativas para viabilizar o aproveitamento do biogás, seja em aterros sanitários, ou até mesmo em sistemas privados que coletam estes resíduos para tal finalidade. A Figura abaixo apresenta uma síntese dessas opções.

Figura 4 – Fluxograma de utilização do Biogás



Fonte: http://www.feg.unesp.br/emas/vigilantes/Fontes_de_Energia/biogas.htm

Entre as tecnologias para transformação e geração de energética a partir do biogás mais utilizadas atualmente, entram em destaque os motores de combustão interna – Ciclo Otto e as microturbinas.

7. GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA

7.1 Motores Ciclo Otto

O motor ciclo Otto é um dos equipamentos mais utilizados para realizar a queima do biogás, devido ao seu maior rendimento de energia elétrica e menor custo quando comparado às tecnologias de outros motores. Para realizar a queima de biogás nos motores ciclo Otto, é necessário fazer algumas pequenas modificações no sistema, que são:

- Sistemas de alimentação
- Ignição
- Taxa de compressão.

A tecnologia dos motores ciclo Otto funcionam de modo a aspirar a mistura ar-combustível antes de ser comprimida no interior dos cilindros e a combustão proveniente da mistura é feita por centelha produzida pelo sistema de ignição.

Os motores ciclo Otto são conhecidos como motores de 4 tempos, pois o funcionamento se dá sequencialmente pelas quatro etapas descritas abaixo.

O Princípio de Funcionamento da Admissão (primeiro tempo): ocorre a abertura da válvula de admissão por onde é injetada ao cilindro a mistura ar-combustível e onde o pistão é movimentado para baixo com o movimento do virabrequim;

A Compressão (segundo tempo): ocorre o fechamento da válvula de admissão e compressão da mistura (ordem de 10:1) e conforme o pistão sobe (antes de chegar a parte superior) a vela gera uma faísca;

Combustão (terceiro tempo): é onde ocorre queima e consequentemente a explosão da mistura e expansão dos gases quentes formados na explosão. Com a explosão ocorre uma expansão dos gases promovendo uma determinada força, fazendo com que o pistão desça;

Exaustão (quarto tempo): ocorre a abertura da válvula de escape através onde os gases são expulsos pelo pistão. (ICLEI - Brasil - Governos Locais pela Sustentabilidade, 2009)

7.2 Vantagens

- Geração de energia elétrica para o consumo próprio;
- Economia no custo da energia proveniente da concessionária;
- É possível obter receita adicional pelo fornecimento do excedente de energia;
- É possível de se obter e comercializar os créditos de carbono (se for considerada 100% de eficiência de queima).

7.3 Desvantagens

• Os Motores grande porte são importados, pois, no Brasil, a maior potência de motores disponível é de aproximadamente 230 kW. Isso faz com que o investimento inicial seja elevado. As potências hoje disponíveis no mercado variam de 5 kW a 1,6 MW;

- Pouco rendimento: aproximadamente 28%;
- Grande de emissão de NOx (causa grande impacto ambiental se não controlado). Variando de acordo com o porto do motor, a emissão de NOx varia entre 250 e 3.000 ppm (parte por milhão). (ICLEI - Brasil - Governos Locais pela Sustentabilidade, 2009)

7.4 Dados quantitativos quanto aos investimentos

Aos aterros sanitários de portes menores, com pouca produção de biogás e, conseqüentemente, pouca produção de metano, existem motores de diversas potências que vão de 5 kW, cujo investimento fica entre R\$ 20.000,00 até 230 kW, cujo investimento é da ordem de R\$700.000,00 cada unidade.

Aos aterros sanitários de grande produção, que anseiam aproveitar todo o biogás produzido, encontram-se no mercado internacional motores de diversas potências, que variam de 925 kW, cujo investimento é de R\$ 3.400.000,00 até 1,54 MW, cujo investimento é de R\$ 5.000.000,00 por unidade. (ICLEI - Brasil - Governos Locais pela Sustentabilidade, 2009)

8. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Quanto aos resultados obtidos pelas pesquisas, identificamos diversas tecnologias que podem ser utilizadas para realizar o processo de biodigestão anaeróbia, foram apresentadas o funcionamento do processo, como é feito a captação e como é utilizado o biogás para produção de energia. A possibilidade de aplicação deste sistema em aterros é altamente viável, levando em consideração os aspectos sociais, econômicos e técnicos, já que os resíduos orgânicos aterrados sem aproveitamento, geram um grande problema para o meio ambiente, pois acaba contaminando o solo e lençóis freáticos, podemos citar também quanto a sua área utilizada que ocupa muito espaço e onde futuramente pode acabar gerando riscos de explosões, desmoronamento devido ao fato de os materiais orgânicos aterrados se degradarem e criarem um espaço vazio no solo aterrado, ou até intoxicações ao ser humano e animais silvestres por meio dos gases produzidos. Para aterros sanitários de pequeno porte, com baixa produção de biogás e, conseqüentemente, baixa obtenção de metano, a mão de obra necessária é pequena, devido ao seu fácil manuseio, portanto podem aderir aos motores nacionais de potências que vão de 4 kW até 264 kW. Para aterros de grande porte que queiram aproveitar todo o biogás produzido, é necessário utilizar motores importados, de potências que vão de 925 kW até 1,54 MW. A quantidade de geradores necessários para formar o sistema de geração de energia por meio do biogás, em aterros sanitários, vai depender diretamente da quantidade de biogás a ser produzida pelo aterro para ser consumida como combustível. Além de um sistema para geração de energia elétrica, é indicado que o aterro implemente flare(s) para queima dos biogases excedentes, quando houver, ou também para a queima de todo o biogás, quando se fizer necessária a interrupção da operação do sistema para manutenção ou para quaisquer melhorias a serem adaptadas. O biogás produzido no aterro pode ser utilizado como combustível para os sistemas de geração de energia elétrica, proporcionando ao aterro economia em relação aos gastos com a energia elétrica adquirida da rede, proveniente da concessionária local, além de possibilitar a obtenção e comercialização dos créditos de carbono e receita com a venda da energia excedente. (Pecora Garcilasso, et al., s.d.)

9. REFERÊNCIAS

ABRELPE. (2008). Fonte: ABRELPE: www.abrelpe.org.br/panorama_2007.php
eCycle. (s.d.). Acesso em 10 de 11 de 2016, disponível em O que é o biogás? Entenda como é produzido e transformado em energia elétrica: <http://www.ecycle.com.br/component/content/article/69-energia/2972-biogas-energia-eletricidade-combustivel-tratamento-esgoto-aterro-biodigestores-domestico-comunidade-indiano-chines-vantagens-desvantagens.html>

CUNH A,M.E.G. Análise do Setor Ambiental no Aproveitamento Energético de Resíduos: Um estudo de caso do município de Campinas. Dissertação de Mestrado. Planejamento de Sistemas Energéticos/Área Interdisciplinar. Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP. Campinas, 2002.

ENERGÁS. (s.d.). Fonte: Captação e Transporte do Biogás: http://www.energasenergia.com.br/index.php?option=com_content&view=article&id=5&Itemid=115&lang=em

JORDÃO, E. P., & PESSOA, C. (1995). Tratamento de esgotos domésticos. Rio de Janeiro: ABES.

GODOY, A. S., 1995. Introdução à pesquisa qualitativa e suas possibilidades. Revista de Administração de Empresas, 35(2), pp. 57-63.

KARINA, R. S., & LORA, E. E. (s.d.). Estimativa do Potencia de Geração de Energia Elétrica para diferentes fontes de Biogás no Brasil.

MAGALHÃES, A. P. T., – Biogás: um projeto de saneamento urbano, 1986.

Ministério do Meio Ambiente, 2014. Ministério do Meio Ambiente. [Online] Available at: <http://www.mma.gov.br/cidades-sustentaveis/residuos-solidos/politica-nacional-de-residuos-solidos/aproveitamento-energetico-do-biogas-de-aterro-sanitario> [Acesso em 2016].

MOURA, J. P. D., 2012. ESTUDOS DAS ROTAS TECNOLÓGICAS PARA PRODUÇÃO DE BIOGÁS E DA INFLUÊNCIA DA COMPOSIÇÃO QUÍMICA DE DEJETOS DE MATRIZES

PECORA, V. (2006). Implantação de uma unidade demonstrativa de geração de energia.

RENABIO. (s.d.). Fonte: RENABIO: <http://www.renabio.org.br/06-B%26E-v2-n1-2005-p557-67.pdf>

PIORE, M. J., 1979. Qualitative research techniques in economics. Administrative Science Quarterly, 24(4), pp. 560 - 569.

Pecora Garcilasso, V., Maria Stortini González Velázquez, S. & Teixeira Coelho, S., s.d. Geração de Energia Elétrica a partir do Biogás Proveniente de Aterro Sanitário – Estudo de Caso. pp. 3-4.

MEDEIROS, Ronaldo F.; AMORIM, Edgar B.; GIOTTO, Vagner. TRANSFORMAÇÃO E OBTENÇÃO DO BIOGÁS METANO POR MEIO DE BIODIGESTORES ANAERÓBIOS PARA GERAÇÃO DE ENERGIA.

SILVEIRA, J.L.; Faculdade de Engenharia Mecânica da UNICAMP; Cogeração Disseminada para Pequenos Usuários: Estudo de Casos para o Setor Terciário, Tese de Doutorado; 193p.; Campinas, SP; 1994.

Sosa, R.; Chao, R.; Río, del J. – Aspectos Bioquímicos y Tecnológicos del Tratamiento de Residuales Agrícolas con Producción de Biogás, 2004.

SUÍNAS NA QUALIDADE DO BIOGÁS GERADA POR BIODIGESTOR. [Online] Available at: http://www.infobibos.com/Artigos/2012_1/rota/index.htm [Acesso em 12 11 2016].

WILLUMSEN, H. C. (2001). Energy Recovery From Landfill Gas in Denmark and Worldwide.