

DESEMPENHO DE MOTOR-GERADOR DE CICLO OTTO OPERADO COM GASOLINA E BIOGÁS PROVENIENTE DE SUINOCULTURA

C. Rossetto¹, S. N. Melegari De Souza, O. L. Klaus

CCET, UNIOESTE – Univ Estadual do Oeste do Paraná, Campus de Cascavel, PR, Brasil

RESUMO

A busca por novas fontes energéticas que não poluam o meio ambiente, bem como a mitigação dos impactos ambientais gerados pelo aumento da população, abre uma nova perspectiva no campo da pesquisa do biogás provenientes do resultado de tratamento de efluentes. O processo de transformação de energia gerada pela combustão do biogás para energia em motores no ciclo Otto e posterior transformação em energia elétrica é de fácil realização sendo necessárias algumas adaptações no motor, neste trabalho foi realizada apenas a substituição do carburador por um misturador de ar/combustível tipo Venturi. O objetivo deste trabalho foi avaliar o desempenho de motor-gerador ciclo Otto alimentado com biogás proveniente de suinocultura. Como testemunha foram utilizados ensaios com gasolina, simulando diferentes condições de trabalho, com cargas de 0; 0,250 kW (10 % da carga); 0,500 kW (20 % da carga); 0,750 kW (30 % da carga); 1 kW (40 % da carga); 1,250 kW (50 % da carga); 1,500 kW (60 % da carga); 1,750 kW (70 % da carga); 2 kW (80 % da carga); 2,250 kW (90 % da carga) e 2,500 kW (100 % da carga). Onde foram avaliadas as emissões de dióxido de carbono (CO₂), monóxido de carbono (CO) e óxido de nitrogênio (NO_x), e analisado o rendimento do motor-gerador que foi baixo em torno de 76 % menor quando comparado com gasolina, sendo necessários ajustes para o melhor desempenho.

Palavras-chave: Energia, Motor, Venturi, Emissões.

PERFORMANCE MOTOR-GENERATOR OPERATED WITH OTTO CYCLE GASOLINE AND BIOGAS FROM THE PIG.

ABSTRACT

The search for new energy sources that do not pollute the environment and mitigating the environmental impacts generated by population increase, opens a new perspective in the research field of biogas from the sewage treatment outcome. The process of transformation of energy generated by the combustion of biogas energy in Otto engines and subsequent transformation into electrical energy cycle is easy to perform some adjustments to the engine, this work was being performed only necessary to replace the carburetor by a mixer / air Venturi-type fuel. The objective of this study was to evaluate the performance of Otto cycle engine-generator powered with biogas from swine. As control assays with gasoline were used, simulating different working conditions, with loads of 0;

¹ eng.cassiano@gmail.com

0,250 kW (10% load); 0.500 kW (20% load); 0.750 kW (30% load); 1 kW (40% load); 1,250 kW (50% load); 1,500 kW (60% load); 1,750 kW (70% load); 2 kW (80% load); 2.250 kW (90% load) and 2,500 kW (100% load). Where emissions of carbon dioxide (CO₂), carbon monoxide (CO) and nitrogen oxide (NO_x) were evaluated and analyzed the performance of motor-generator that was down around 76% less when compared to gasoline, and necessary adjustments for better performance.

Keywords: Energy, Engine, Venturi, emissions.

INTRODUÇÃO

Segundo a Organização das Nações Unidas (2013) a população mundial atingiu os sete bilhões de pessoas no ano de 2011. Sendo que dessas a metade já vive em áreas urbanas, até 2015 esta proporção subira para 70%. Com isso a produção de efluentes para tratamento sofrera um aumento considerável.

A busca de novas fontes energéticas, bem como a diminuição da poluição ambiental e a sustentabilidade nos sistemas de produção, trás uma nova visão sobre a produção de energia elétrica a partir do biogás, que tem um potencial energético imenso e ainda pouco explorado no Brasil (BLEY JUNIOR, 2012).

No Brasil, o aproveitamento do biogás ainda é incipiente, com apenas 52 MW de capacidade instalada e 18 MW em construção (ANEEL, 2012). Considerando a elevada concentração da população brasileira em grandes centros urbanos e a expressiva produção agropecuária e agroindustrial, a sua produção a partir dessa fonte poderia ter uma valor mais expressivo.

Segundo Sanquetta (2004), o metano (CH₄) presente no biogás de esgoto é cerca de 20 vezes mais prejudicial (mais agressivo) para o meio ambiente do que o CO₂, sendo os principais responsáveis pelo aumento da concentração de gases de efeito estufa em consequências das emissões de causa antrópica. Torna-se, portanto, muito

interessante o aproveitamento energético desse biogás, conciliando a geração de energia elétrica renovável com a questão do saneamento ambiental, através da redução dos gases de efeito estufa.

A implantação de biodigestores para o tratamento de dejetos resolvendo assim o passivo ambiental e permitindo a geração de um novo produto o biogás que será fruto de estudo desse trabalho, além da aquisição do biofertilizante que tem uma grande quantidade de nutrientes de alto valor para a agricultura (PECORA, 2006).

O biogás se assemelha ao gás natural com um elevado poder calorífico, podendo substituí-lo em muitas aplicações. A vantagem do biogás em relação do gás natural é o fato de ser renovável e produzido em todos os locais onde haja biomassa. A desvantagem seria seu menor poder calorífico e a presenças de sulfeto de hidrogênio e umidade (SALOMON, 2007).

Os motores de ignição por centelha, movidos a gasolina ou os motores diesel convertidos a ciclo Otto podem ser facilmente convertidos para motores a gás. As mesmas técnicas de conversão do motor a gasolina para gás natural são utilizadas para o biogás. O biogás tem um poder calorífico de aproximadamente a metade do gás natural; logo, o sistema de carburação tem que ser dimensionado para que o fluxo de biogás seja o dobro do gás natural para

que a mesma potência seja mantida (MUELLER, 1995; MACARI; RICHARDSON, 1987). A principal modificação de um motor a gasolina para biogás é a instalação de um misturador de gás com comburente (ar) no lugar do carburador. O controle do motor é efetuado pelo controle da mistura ar/combustível, por meio de uma válvula de variação de pressão, semelhante á válvula borboleta dos motores a gasolina. Outras modificações incluem a mudança na taxa de compressão e avanço de ignição.

MATERIAL E MÉTODO

O experimento foi realizado em dois na Granja Martelli no município de Medianeira - Paraná – Brasil. Os testes foram realizados em um conjunto motor-gerador ciclo Otto de 5,5 KVA utilizando como combustível biogás resultante do tratamento de efluentes de suinocultura e como testemunha foi realizado testes com gasolina.

Para a simulação das diferentes condições de trabalho foi utilizado um banco de resistências com controle de potência em um painel de controle, o banco simulou as seguintes cargas: 0; 0,250 kW (10 % da carga); 0,500 kW (20 % da carga); 0,750 kW (30 % da carga); 1 kW (40 % da carga); 1,250 kW (50 % da carga); 1,500 kW (60 % da carga); 1,750 kW (70 % da carga); 2 kW (80 % da carga); 2,250 kW (90 % da carga) e 2,500 kW (100 % da carga). Durante o período de tempo de dois minutos com cinco repetições cada tratamento.

O consumo da gasolina foi determinado com uma proveta plástica de 300 ml e uma balança semi analítica, da marca Mettler, modelo PB 3000, Fig. 10, com capacidade máxima de 2000 gramas e resolução de 0,01 gramas, em função do

O objetivo deste trabalho foi avaliar o desempenho de motor-gerador ciclo Otto alimentado com biogás proveniente de suinocultura e como testemunha foi utilizados ensaios com gasolina, simulando diferentes condições de trabalho, com cargas de 0; 0,250 kW (10 % da carga); 0,500 kW (20 % da carga); 0,750 kW (30 % da carga); 1 kW (40 % da carga); 1,250 kW (50 % da carga); 1,500 kW (60 % da carga); 1,750 kW (70 % da carga); 2 kW (80 % da carga); 2,250 kW (90 % da carga) e 2,500 kW (100 % da carga).

tempo dos tratamentos, determinados com o auxílio de cronometro digital.

O consumo horário da gasolina no sistema foi determinado com o auxílio de um cronômetro digital. Conforme.

$$\text{Con} = \frac{M_i - M_f}{T}$$

Con = Consumo do combustível (g.h⁻¹)

M_i = Massa inicial do combustível (g)

M_f = Massa final do combustível (g)

T = Tempo (h)

Para a coleta de amostras do Biogás foi utilizado o Kit fornecido pela empresa Alfakit, em parceria com a Embrapa Suínos e Aves, sendo esse patenteado. O Kit empregado possui o número de serie KBA 0123, Fig. 15. As amostras seguiram para o laboratório de gaseificação da Unioeste, campus de Cascavel, onde foi quantificada a presença de metano com o analisador de gases Drager xl 7000.

A coleta do biogás para as análises e para a alimentação do motor-gerador foram realizadas logo após o filtro em um ramal que segue para a tubulação principal que alimenta o flare onde o biogás é queimado.

Na saída do filtro ocorre a conexão com a saída para o mostrador de coleta de gases, também denominado BAG. No decorrer do experimento foram realizadas 10 amostras, que seguiram para o laboratório de gaseificação da Unioeste para a determinação dos gases presentes.

Para a determinação do consumo do biogás foi utilizado um medidor de vazão de gases e um cronômetro digital, estipulando o consumo do motor-gerador em cada intervalo de tempo.

Segundo Nogueira e Lara (2003), o poder calorífico de um gás pode ser calculado a partir da sua composição volumétrica, segundo a fórmula abaixo.

$$PCI = \frac{PCI_{\text{metano}} \times \%}{100}$$

Onde:

PCI = Poder calorífico Inferior do biogás (kg/kJ);

PCI_{metano} = Poder calorífico do metano (kg/kJ);

% = Concentração volumétrica de metano no biogás (%).

A variação do poder calorífico inferior está ligada à relação de metano e gás carbônico nele presente (COSTA, 2002).

Na análise das emissões do motor-gerador, foi usado o analisador de gases Bacharach, realizando a amostragem dos gases que eram expelidos pelo escapamento do motor.

Primeiro foi realizado a calibragem do aparelho deixando coletar ar por sessenta segundos. Após, com a haste de coleta posicionada a dois centímetros do escapamento, foi realizada a coleta de dados a cada dois minutos gerando um banco de dados para comparação das emissões dos dois

combustíveis em diferentes condições de trabalho.

Os gases coletados foram o dióxido de carbono (CO₂), monóxido de carbono (CO) e óxido de nitrogênio (NO_x).

Para a análise das cargas geradas em função da potência requerida se utilizou o analisador de cargas AE 200. Conectando os coletores de dados nos cabos de tensão que partiam do gerador para o painel de controle da resistência.

A entrada de energia total para o gerador para cada potência foi quantificada como o produto da taxa de fluxo e o poder calorífico inferior do combustível. Assim, a eficiência global do gerador foi determinada para cada potência.

$$E = \frac{E_c}{E_u} \times \%$$

Onde E = Eficiência global em %; E_c = Energia Consumida, kJ m^{-3} ; E_u = Energia Útil, kJ m^{-3} ;

A avaliação do consumo específico de biogás foi determinada em função da variação da carga do motor gerador utilizando como combustível o biogás em função do tempo. A equação mostra o cálculo do consumo específico de biogás em um intervalo de tempo:

$$CEB = \frac{1}{P_c} \times E_{fi}$$

Onde:

CEB = Consumo específico de biogás, $\text{m}^3 \text{kWh}^{-1}$;

P_c = Poder calorífico do combustível, kJ/m^3 ;

E_{fi} = Eficiência do motor.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Características do Biogás coletado

Na tabela 1 podemos ver a composição do biogás coletado para realização do experimento ficando muito

próximo dos valores descritos por Costa (2002).

TABELA 1 – Composição do Biogás.

Am.	CH ₄	CO ₂	O ₂	H ₂ S
1	67	30	0,9	2,1
2	68	29,6	0,1	2,3
3	69	28,9	0,1	2
4	69	28,6	0,1	2,3
5	68	29,4	0,12	2,4
Media	68,2	29,3	0,26	2,22

A Figura 1 mostra a eficiência do biogás em relação a gasolina, nota-se uma perda de rendimento de cerca de 75 % nos

melhores resultados da gasolina quando a carga do motor esteve em 50 %.

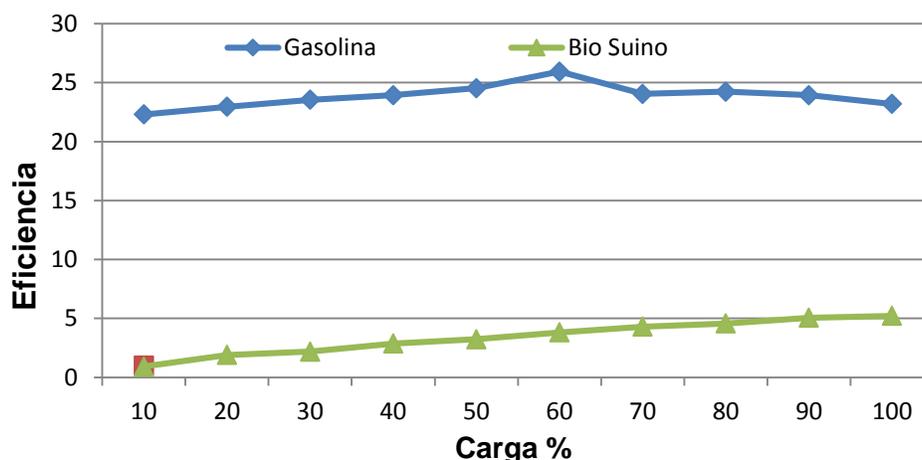


Figura 1 – Eficiência do biogás e gasolina

Comparativo de Emissão de Gases

As Figuras a seguir mostram os resultados das emissões de dióxido de carbono (CO₂), monóxido de carbono

(CO) e óxido de nitrogênio (NO_x), coletadas no escapamento do motor através do analisador de gases Bacharach.

Emissões de dióxido de carbono (CO₂)

A Figura 2 mostra que em média as emissões de CO₂ foram maiores pelo biogás na ordem de 39 % em relação as

emissões da gasolina. Com o biogás de suinocultura com um comportamento mais uniforme.

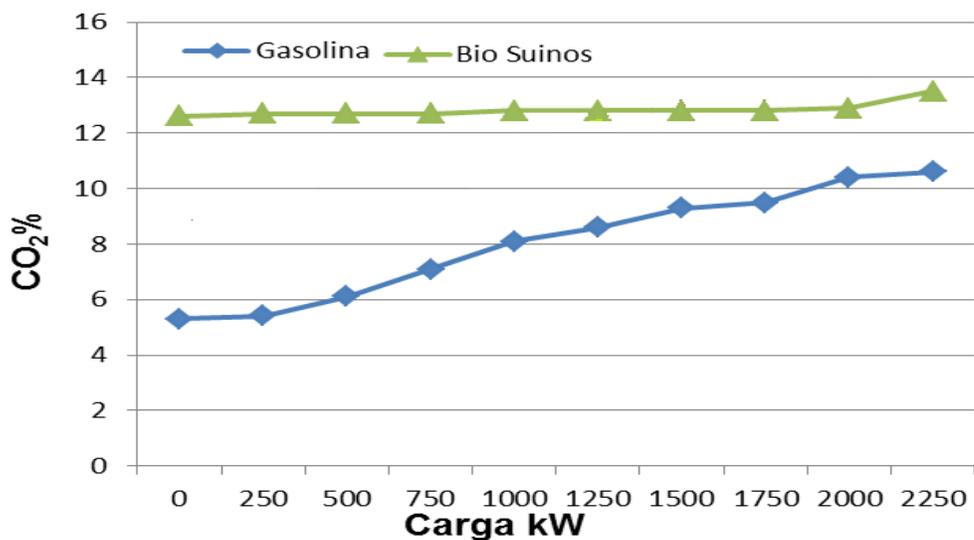


Figura 2 – Emissões de CO₂ em %

Segundo Rakopoulos et al. (2006), a maior liberação de CO₂ se deve à grande quantidade deste gás em sua composição e também pelo motor apresentar maior

consumo quando operado com esse combustível, o que irá refletir também nas emissões.

Emissões de monóxido de carbono (CO)

Na análise do monóxido de carbono (CO), as emissões de gasolina superaram as do biogás, apesar de que

quando submetido a uma maior carga as emissões de CO cessaram, como podemos ver na Figura 3.

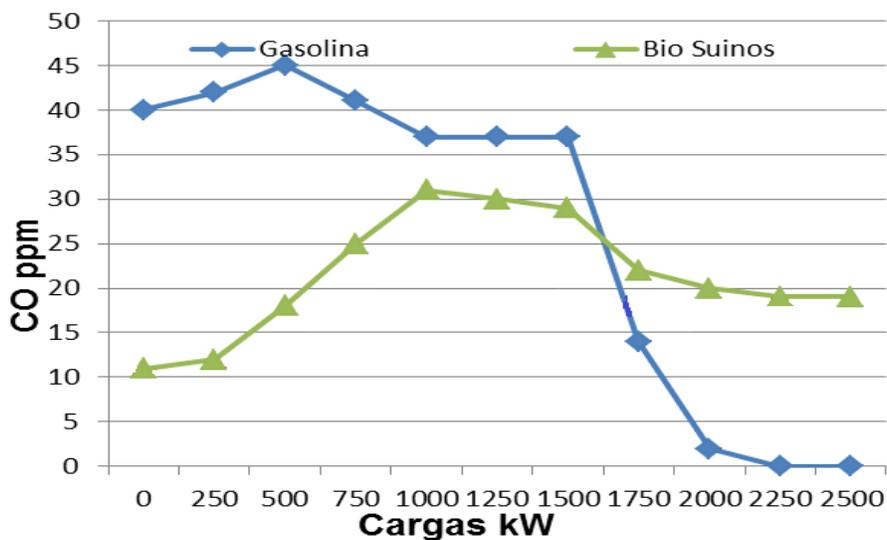


Figura 3 – Emissões de CO em ppm.

Para Korakianitis et al. (2011), motores operando com gás natural apresentam redução de 50 a 90% das emissões de CO quando comparados com os motores originalmente utilizados para operar com gasolina. Este fato se deve principalmente a menor razão de equivalência com que o primeiro motor funciona.

Segundo Lemos (2013), as emissões de CO estão ligadas a combustão mais completa do combustível, alcançadas a maiores temperaturas, com o maior aquecimento da substância há a quebra da molécula e maior liberação de calor, restando menor quantidade de partículas carbono.

Emissões óxido de nitrogênio (NO_x)

Podemos observar na Figura 4, as emissões de óxido de nitrogênio em partes por milhão, em que o biogás emite cerca de 21 % mais partículas que a

gasolina, essa diferença se acentua ao ponto que as cargas aumentam e assim há uma maior temperatura do motor.

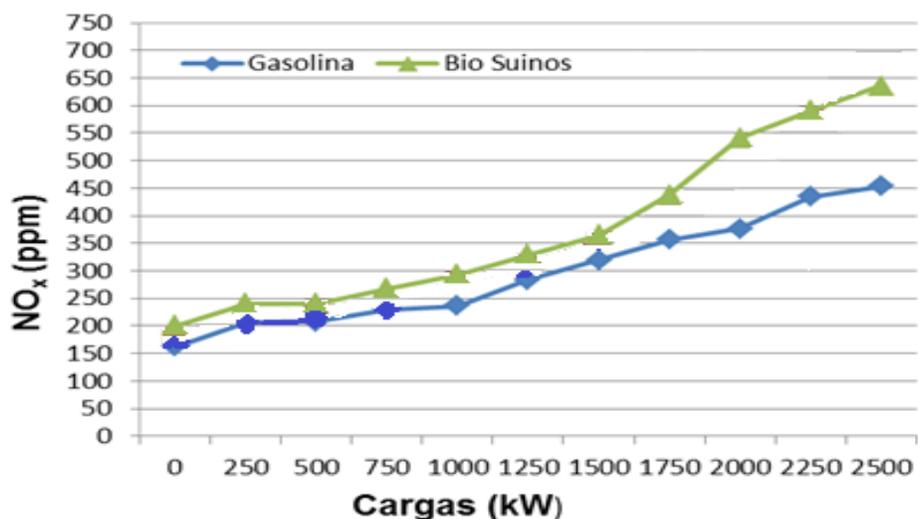


Figura 4 – Emissões de NO_x em ppm

Segundo Kapadia (2006), a formação de NO_x está relacionada à maior liberação de calor na combustão e, conseqüentemente, às maiores temperaturas atingidas.

Para Crookes (2006), a gasolina por ter um poder calorífico maior não

exerce pressão sobre o motor, enquanto o biogás por ser um combustível rico em CO₂, submete o motor a um maior aquecimento, favorecendo a formação de NO_x.

CONCLUSÕES

A utilização do biogás proveniente de suinocultura é uma alternativa para geração de energia elétrica, apresentando uma elevada concentração de metano em torno 68,2%.

As emissões dos ensaios com biogás foram maiores que aquelas com gasolina, nos melhores resultados com 27% para o dióxido de carbono (CO₂), e 21 % de óxido de nitrogênio (NO_x) pelo biogás de suinocultura e 13 % para o dióxido de carbono (CO₂), e 24% de óxido de nitrogênio (NO_x), tais resultados foram influenciado pelo baixo rendimento do motor. Ressaltando a possibilidade de usar esse biogás que seria liberado in natura na atmosfera, como fonte energética, transformando o gás metano presente em grande quantidade no mesmo

em outros gases mencionados acima de menor potencial poluente.

Com o baixo rendimento do motor-gerador apresentado no trabalho, observou-se que há a necessidade de maiores adaptações no motor, sendo inviável para o aproveitamento energético a sua utilização apenas com a substituição do carburador por um misturador de ar tipo Venturi, tendo ainda que alterar a taxa de compressão e avanço de ignição.

Com a presença do gás sulfídrico (H₂S) em maiores quantidades no biogás de suinocultura em média 2,22%, há a necessidade de um sistema de filtragem para diminuição desse percentual, já que o presente gás provoca a oxidação de ligas metálicas do motor.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANEEL, **Banco de Informações de Geração distribuída no Brasil, 2012.** 8º Edição. Brasília, 2012. Disponível em www.aneel.org.br Acesso 21 de dezembro de 2013.

BLEY JUNIOR, C. J. **Economia do Biogás.** Informativo plataforma Itaipu de energias renováveis. Itaipu. Foz do Iguaçu, 2012.

CORREA, A. S. **A influencia da folga de válvulas na geração de ruído e vibração no motor fire 999cc 8v.** (Dissertação de Mestrado). Universidade federal de Santa Catarina, UFSC, Florianópolis, 2003.

COSTA, D. F. **Biomassa como fonte de energia, conversão e utilização.** (Monografia). Programa Inter unidades de Pós-Graduação em Energia (PIPGE) do Instituto de Eletrotécnica e Energia (IEE) da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2002.

CROOKES, R. **Comparative bio-fuel performance in internal combustion engines,** Biomass and Bioenergy, vol. 30, pp. 461-468, 2006.

KAPADIA, B. K. **Development of a single cylinder SI engine for 100% biogas operation, Bangalore:** Indian Institute of Science, 2006.

KORAKIANITIS, T.; NAMASIVA YAM, A. ; CROOKES, R. **Natural-gas fueled spark-ignition (SI) and compression-ignition (CI) engine performance and emissions,** Progress in Energy and Combustion Science, vol. 37, pp. 89-112, 2011.

LEMOS, M. V. D. **Uso Eficiente de Biogás de Esgoto em Motores Geradores –** Rio de Janeiro: UFRJ/ Escola Politécnica, 2013.

MACARI, N. C., RICHARDSON, R.D. **Operation of a Caterpillar 3516 spark-ignited engine on low-Btu fuel.** Journal of Engineering for Gas

Turbines and Power. Transactions of the ASME, V.109, pp.443-447, 1987.

MARTINS, Lydimilla Santos. **Geração de Energia através de Biomassa**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Elétrica) – Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, ES: UFES, 2006.

NOGUEIRA, M. F. M., RENDEIRO, G. **Caracterização Energética da Biomassa Vegetal**. In : MINISTÉRIO DAS MINAS E ENERGIA – MME. Combustão e Gasificação de Biomassa Sólida – Soluções Energéticas para a Amazônia. 1º Edição. Brasília, 2003.

PECORA, V., **Implantação de uma unidade demonstrativa de geração de energia elétrica a partir do biogás de tratamento do esgoto residencial da USP – Estudo de caso** (Dissertação de Mestrado). Programa interunidades de Pós-Graduação em energia (PIPGE) do Instituto de eletrotécnica e energia (IEE) da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.

RAKOPOULOS, C. D. ; ANTONOPOULOS, K. A.; HOUNTALAS D. T.; GIAKOUMIS E. G.; **Comparative performance and emissions study of a direct injection diesel engine using blends of diesel fuel with vegetable oils or bio-diesels of various origins**, Energy Conversion and Management, vol. 47, p. 3272– 3287, 2006.

SALOMON, K.R. **Avaliação Técnico-econômica e ambiental da utilização do biogás proveniente da vinhaça em tecnologias para geração de eletricidade**. Tese (Doutorado em engenharia mecânica). Universidade federal de Itajubá, UFI Itajuba-MG, 128f, 2007.

SOUZA, S. N. M. **Production potencial of biogás n sugar and ethanol plants for use in urban buses in Brazil**.

International Journal of Food, Agriculture and Environmet (print), p. 910, 2012..