

COMPARAÇÃO ENTRE ENSAIOS DE GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA EM GRUPO GERADOR ABASTECIDO COM MISTURAS DIESEL-BIODIESEL E DIESEL-BIODIESEL-ETANOL

Litiéle dos Santos – litiele.santos@acad.pucrs.br

Bruno de Souza Fernandes – bfernandeseng90@gmail.com

Anderson Antunes de Paulo – anderson.antunes@acad.pucrs.br

Carlos Alexandre dos Santos – carlos.santos@pucrs.br

Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Escola Politécnica

Resumo. O objetivo do presente trabalho é analisar o desempenho de um grupo gerador abastecido com misturas diesel-biodiesel e diesel-biodiesel-etanol. Para cada mistura foram analisados desempenho energético, consumo de combustível e emissões de gases de exaustão, simulando demandas energéticas variáveis em banco de cargas resistivas. Para os testes foram utilizadas as seguintes misturas de combustíveis: B7 (diesel com 7% biodiesel por volume total), B7E5 (diesel com 7% biodiesel + 5% etanol), B20 (B7 + 13% biodiesel), B20E5 (B7 + 13% biodiesel + 5% etanol), B100 (100% biodiesel) e B100E5 (100% biodiesel + 5% etanol). O biodiesel utilizado nos ensaios foi produzido por reação química de transesterificação metílica utilizando óleo de soja como matéria prima. Para cada mistura de combustível foram aplicadas cargas de 1,5 kW, 3,0 kW e 4,5 kW, simulando demandas de 25%, 50% e 75% da potência nominal. O grupo gerador utilizado é composto por um motor de combustão interna tipo diesel, e um gerador de energia de 6,5 kVA de potência nominal, de uso comercial. Verificou-se que para a potência, o melhor desempenho foi para o B20. Já para a eficiência térmica, houve um aumento entre B7 e B20, com o maior valor para o B20 e o menor para o B20E5. Quando considerado o consumo específico de combustível, o maior consumo deu-se no B20E5 e o menor para o B20. Além disso, os gases de exaustão CO_2 , NO_x e NO aumentaram com o aumento do teor de biodiesel, enquanto CO e NO_2 diminuíram. Com o acréscimo de etanol ao biodiesel (B100E5), os gases que apresentaram as reduções mais significativas foram: NO_x , NO_2 e NO , além de uma redução de potência gerada de 14%, mostrando-se assim uma excelente alternativa para geração de energia elétrica.

Palavras-chave: Diesel, Biodiesel, Etanol, Emissões, Gerador.

1. INTRODUÇÃO

O rápido desenvolvimento industrial, o aumento da demanda de energia e a preocupação com os efeitos do aquecimento global trouxeram ao meio científico a necessidade de desenvolver pesquisas voltadas para a produção de combustíveis alternativos que tenham menor impacto ambiental. Como mundialmente o maior consumo de energia provém do petróleo e seus derivados, o uso de biocombustíveis tornou-se um alternativa (Agarwall, 2007) para reduzir a dependência do petróleo e uma opção aos usuários para a possível escassez de combustíveis à base de petróleo, já que a reserva desse tipo de energia é limitada.

Tendo em vista que o setor de oferta de energia é o setor que teve o maior aumento das emissões dos gases de efeito estufa nos últimos anos, o crescimento da participação dos biocombustíveis na oferta de energia vem como uma forma de mitigar as emissões, trazendo bons resultados no que tange às preocupações com as mudanças climáticas. (IPCC, 2014)

O Brasil tem destaque na aplicação de biocombustíveis, desde o Programa Nacional do Álcool (PROÁLCOOL) criado em 1975. Atualmente, é um dos maiores produtores de etanol o que impulsiona as pesquisas voltadas à utilização desse combustível, que provém de recursos renováveis, tanto para geração de energia quanto no setor de transporte. Estudos já analisam misturas de etanol e biodiesel. Testes demonstram que na mistura etanol-biodiesel tem-se um equilíbrio de densidade entre os mesmos, melhorando a injeção de combustível, pois o etanol de baixa densidade se adequa à alta densidade do biodiesel. Pode-se dizer que o etanol atua como um aditivo de inverno ao biodiesel, melhorando ponto de enchimento do filtro frio e fluidez (Torrez-Jimenez et al.).

O biodiesel obtido a partir de gordura animal ou óleos vegetais, comestíveis e não comestíveis pode ser usado em motores à diesel como combustível único ou como uma mistura diesel – biodiesel, requerendo pequenas ou nenhuma modificação no motor (La Puerta, 2008). Além disso, estudos mostram que a redução da emissão de CO , hidrocarbonetos não queimados e partículas nocivas à saúde podem ser alcançados usufruindo destes combustíveis renováveis (Li et al, 2005).

Neste trabalho objetivou-se avaliar o desempenho energético, consumo de combustível e as emissões de gases em grupo motor-gerador abastecido com diferentes misturas de diesel-biodiesel- etanol, analisando a redução de emissões de gases de efeito estufa e um aumento na eficiência do motor provocada pela adição do etanol ao biodiesel, visto que o mesmo possui cerca de 37% de oxigênio em sua formulação, melhorando a atomização do combustível, resultando em uma queima mais regular e liberando mais energia.

2. METODOLOGIA

2.1. Ensaios em Grupo Motor-Gerador

Foi utilizado um grupo motor-gerador, Marca Toyama, modelo TD7000SGE3, potência nominal de 5,5 kVA, adaptado para monitoramento das emissões do escapamento (gases poluentes e temperaturas) e desempenho elétrico (potência efetiva) usando um banco de cargas resistivas, como mostrado na Fig. 1. O consumo de combustível foi determinado pela variação de peso, monitorado por uma balança gravimétrica com precisão de 20 g. Foi utilizado um tanque de combustível de 4 litros, acoplado a um suporte metálico, posicionado sobre a balança. As especificações técnicas do motor são apresentadas na Tab. 1, sendo este grupo comumente usado para geração de energia elétrica em pequena escala.

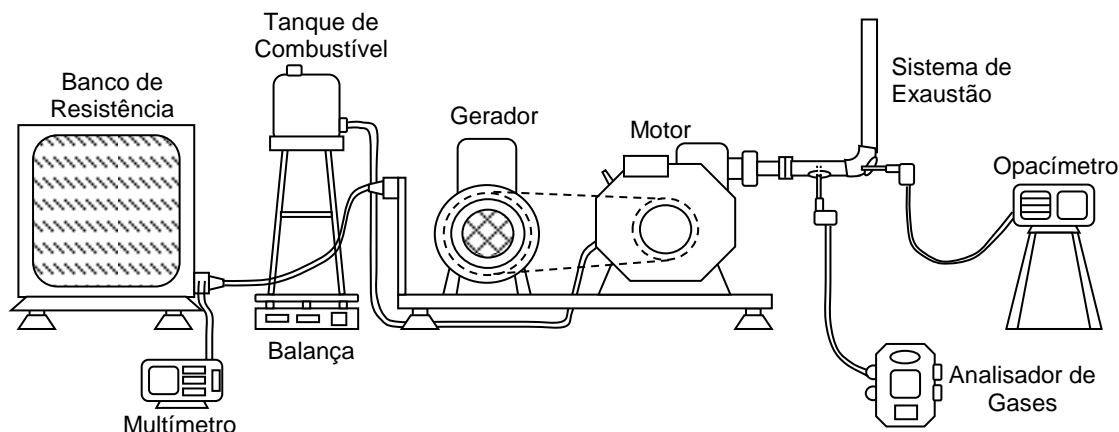


Figura 1- Diagrama esquemático do aparato experimental.

Tabela 1. Especificações de motor (Toyama, 2016).

TOYAMA TD7000SGE3	
Tipo do motor	mono cilindro, refrigerado a ar
Sistema de injeção de combustível	Injeção indireta
Máxima potência (kW@3700 rpm)	6,0 kVA
Máximo torque (N.m@2400 rpm)	20
Volume de deslocamento (cm ³)	418
Taxa de compressão	19:1
Tensão de saída nominal (V)	110, 220 e 380
Corrente nominal (Ah)	8,5
Frequência (Hz@3700 rpm)	60

O motor é operado em rotação constante de 3700 rpm. O desempenho elétrico do gerador foi obtido usando bancos resistivos trifásicos como carga elétrica. A carga elétrica aplicada foi de aproximadamente 25%, 50% e 75% da potência máxima do gerador (1500 W, 3000 W e 4500 W). A corrente elétrica e a tensão foram monitoradas para determinar a potência total e a potência em cada fase. Para tanto, foi instalado um dispositivo digital na entrada do banco de carga resistiva. Este dispositivo digital tem uma frequência de 1 Hz e funções como transformadores de corrente (TC) e transformadores de potência (TP), que analisam os parâmetros globais e os parâmetros separados por fases. O fator de potência nos cálculos foi considerado igual a 1, o que significa que cada 1 kVA corresponde a 1 kW.

As condições ambientais foram monitoradas por um termômetro e um barômetro. Antes de cada ensaio, o motor foi operado durante 20 minutos para estabilização, e os resultados foram coletados depois deste período. Após cada ensaio, o motor foi operado por 10 min para limpar qualquer resíduo de combustível restante no sistema de alimentação. Para determinar o consumo de combustível do grupo, os valores de volume foram calculados pela conversão dos valores de massa obtidos nos testes usando a massa específica para cada mistura de combustível. Durante os ensaios, o grupo motor-gerador foi instrumentado com um analisador de gases (Testo-350, 2014), com o objetivo de analisar os seguintes gases: O₂, CO, CO₂, NO₂, NO_x, SO₂, C_xH_y.

2.2. Caracterização das misturas de combustíveis

Com base em estudos anteriores de misturas diesel-biodiesel (Paulo et al., 2016), optou-se por testar os combustíveis citados na Tab. 2.

Tabela 2. Combustíveis e proporção das misturas.

Combustível	Composição
B7	93% diesel fóssil + 7% Biodiesel (S10, comercial, marca Ipiranga)
B7E5	93% diesel fóssil + 7% Biodiesel + 5% Etanol (do volume total)
B20	80% diesel fóssil + 20% Biodiesel
B20E5	80% diesel fóssil + 20% Biodiesel + 5% Etanol (do volume total)
B100	100% Biodiesel
B100E5	100% Biodiesel + 5% Etanol (do volume de biodiesel)

As misturas de combustíveis foram realizadas no Laboratório de Motores e Combustíveis Alternativos da Escola Politécnica da PUCRS, a temperatura ambiente, em embalagens poliméricas (PET), e agitadas manualmente por 3 minutos, método repetido para todas as composições utilizadas neste trabalho. O biodiesel utilizado foi obtido junto à empresa Oleoplan. O biodiesel foi obtido através da reação de transesterificação de óleo soja com metanol, na presença de um catalisador básico (hidróxido de sódio). A Tab. 3 apresenta a caracterização do biodiesel utilizado.

Tabela 3 - Relatório de caracterização do biodiesel.

Laboratório de Controle de Qualidade Oleoplan				
Relatório de Ensaios				
*Este relatório atende aos requisitos de acreditação da Cgcre, que avaliou a competência do laboratório.				
Identificação do Cliente: Oleoplan S.A Oleos Planalto.				
Endereço: RSC 470 -KM 109, 3482 - Veranópolis/RS				
Dados da Amostra				
Produto: Biodiesel				
Composição: (74,5%) Óleo de soja, (25%) Gordura Animal, (0,5%) Óleo Recuperado e Metanol				
Característica	Unidade	Resultado	Especificações	Métodos
Aspecto/Temperatura	21,9 °C	-	LII	Visual
Massa Específica a 20 °C	kg/m ³	878,2	850-900	NBR 7148:2013
Viscosidade Cinemática a 40 °C	mm ² /s	4,3	3,0-6,0	NBR 10441:2014
Teor de água (Procedimento A)	mg/kg	146,7	200,0 (máx.)	ASTM D6304-07
Contaminação Total	mg/kg	21	24 (máx.)	EN 12662:2008
Ponto de Fulgor (Procedimento C)	°C	172,0	100,0 (mín.)	NBR 14598:2012
Teor de éster	% massa	97,2	96,5 (mín.)	EN 14103:2015
Cinzas Sulfatadas	% massa	##	0,020 (máx.)	NBR 6294:2008
Enxofre total	mg/kg	6,7	10 (máx.)	ASTM D5453-12
Sódio + Potássio	mg/kg	2,5	5 (máx.)	NBR 15553:2015
Cálcio + Magnésio	mg/kg	0,23	5 (máx.)	NBR 15553:2015
Fósforo	mg/kg	3,3	10 (máx.)	NBR 15553:2015
Corrosão ao Cobre, 3h a 50 °C	-	##	1 (máx.)	NBR 14359:2013
Ponto de entupimento de filtro a frio(*)	°C	2	3 (máx.)	NBR 14747:2008
Índice de acidez (Método B)	mgKOH/g	0,48	0,50 (máx.)	ASTM D664-11a
Glicerol livre	%massa	0,02	0,02 (máx.)	ASTM D6584-13
Glicerol total	%massa	0,18	0,25 (máx.)	ASTM D6584-13
Metanol ou Etanol	%massa	-	0,20 (máx.)	EN 14110:2003
Estabilidade à oxidação a 110°C	h	10	8 (mín.)	EN 14112:2003
Monoacilglicerol	%massa	0,6	0,7 (máx.)	ASTM D 6584-13
Diacilglicerol	%massa	0,10	0,20 (máx.)	ASTM D 6584-13
Triacilglicerol	%massa	0,004	0,20 (máx.)	ASTM D 6584-13
Índice de Iodo	g/100g	111	ANOTAR	EN 14111:2003

Foi utilizado o etanol anidro (álcool etílico absoluto 99,8% P.A.), CH₃CH₂OH, pois a presença de água (H₂O) poderia provocar modificações físico-químicas no biodiesel e misturas binárias (Bucker, 2009), devido ao processo de degradação por oxidação, que acarreta em aumento de acidez e do potencial de corrosividade, sujeitando o combustível a biodeterioração.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1. Desempenho Elétrico

As análises de desempenho elétrico foram realizadas considerando a potência consumida na entrada do banco de cargas resistivas, sendo esta a potência consumida, descartando perdas por transmissão, para cada uma das misturas de biodiesel. Inicialmente foi montado o banco de resistências com 25% da carga do grupo motor gerador, 1500 W. O motor foi abastecido com B7 e mantido por aproximadamente 20 min. para pré-aquecimento. Passados os 20 min., o banco de carga foi conectado ao grupo gerador e mantido por 30 min. em funcionamento. Além disso, a cada 5 min. mediu-se a diferença de potencial e corrente elétrica do gerador.

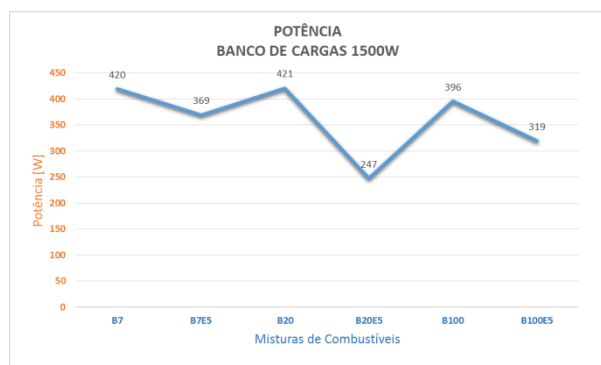
Terminado o regime de B7, o motor foi desligado e o combustível foi drenado por completo e abastecido com a nova mistura B7E5, onde foi dada a partida e repetido o mesmo procedimento do B7. Esta prática foi repetida para todas as outras misturas.

A troca do banco de cargas foi realizada no momento em que os testes com B100E5 foram finalizadas. Em sequência, a montagem foi realizada na configuração de 50% de carga (3000 W) e 75% de carga (4500 W), e os testes foram repetidos novamente para todas as misturas.

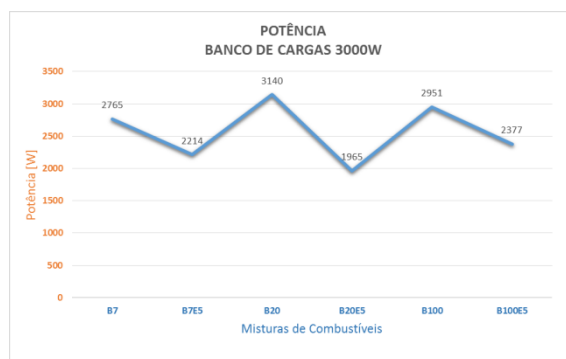
Comparando os resultados da Tab. 4 e Fig. 2 (a) e (b), observa-se que ocorreu um aumento de potência para o B20, para as demandas de 25% e 50% de carga, com uma posterior queda quando adicionado etanol a mistura B20. Curiosamente foram obtidos os melhores e piores resultados nesta faixa de misturas binárias e ternárias. Quando foi aplicada a carga de 75% (4500 W) no gerador, o mesmo não rendeu mais do que 50% de carga aplicada (3000 W). Sendo assim, os resultados de potência para 75% são os mesmos que para 50% de carga.

Tabela 4. Potências geradas para cada mistura de combustível.

Misturas	Potência Gerada	
	1500 [W]	3000 [W]
B7	420	2765
B7E5	369	2214
B20	421	3140
B20E5	247	1965
B100	396	2951
B100E5	319	2377



(a)



(b)

Figura 2. Potências geradas com cargas: (a) 1500 W, e (b) 3000 W.

Estes resultados concordam com aqueles encontrados por Habibullah e colaboradores (Habibullah et al., 2014) que investigaram o efeito de misturas de biodiesel produzido a partir de óleos de palma e de coco (biodiesel de palma 30% + diesel, biodiesel de coco 30% + diesel, biodiesel de palma 15% + biodiesel de coco 15% + diesel) em um motor diesel monocilíndrico. Assim, conclui-se que a potência reduzida para o biodiesel (B100) pode ser atribuída ao menor poder calorífico do biodiesel do que do diesel fóssil, e com o B20 a quantidade extra de oxigênio contribui para uma melhor inflamação do combustível, como as condições de combustão, gerando a potência extra.

3.2. Desempenho e Consumo Específico

Para a temperatura dos gases de exaustão, foi observado aumento do B5 para o B20, e decréscimo do B20 para B100, com um valor máximo obtido para o B20, em ambas as cargas ensaiadas, 1500 W e 3000 W. Alguns trabalhos relatam que a eficiência térmica do biodiesel é ligeiramente maior do que o diesel para altas cargas, enquanto outros afirmam que a eficiência térmica sempre reduz com o aumento de biodiesel (Habibullah, 2014; Agarwal, 2006). Neste trabalho observou-se que houve um aumento de potência de B7 para B20 de 13,56% enquanto de B7 para B100 foi de 6,72 % levando em consideração a carga de 3000W acredita-se que este resultado dá-se devido ao motor tipo diesel trabalhar sempre a mesma rotação (3700 rpm) para manter uma baixa oscilação na frequência de saída do gerador, entre 59 e 61 Hz. Deste modo, o consumo sofre pouca alteração enquanto a potência de saída sobe cerca de 6 vezes, como pode-se observar nas Figs. 2 e 3. O possível motivo para a redução da eficiência térmica é atribuído à maior viscosidade do biodiesel, resultando em uma pobre atomização na câmara de combustão. As misturas ternárias dependem de maiores estudos e análises do resultado final das mesmas, como índice de cetano e ponto de fulgor, para uma melhor discussão dos resultados de potência e consumo. No entanto, alterações nas configurações do motor e o tipo de biodiesel também desempenham um papel importante, e podem levar a resultados divergentes.

Para o consumo de combustível específico, os maiores valores foram para o B20E5, seguido do B7E5, B100E5, B100, B7 e B20, que mostrou o menor valor (Fig. 3 (a) e (b)). Estes resultados estão de acordo com o trabalho relatado

por Mujahid (Mujahid, 2013) que observou que menos combustível é necessário para a mesma potência quando biodiesel é usado no lugar do diesel em até 20% em volume. No entanto, os resultados discordam dos resultados encontrados por Argawal (Argawal, 2006, 2007) e Habibullah, (Habibullah 2014), onde o consumo específico aumentou com o aumento da concentração de biodiesel devido ao menor poder calorífico e maior viscosidade do biodiesel comparado ao diesel, acarretando maior consumo de combustível.

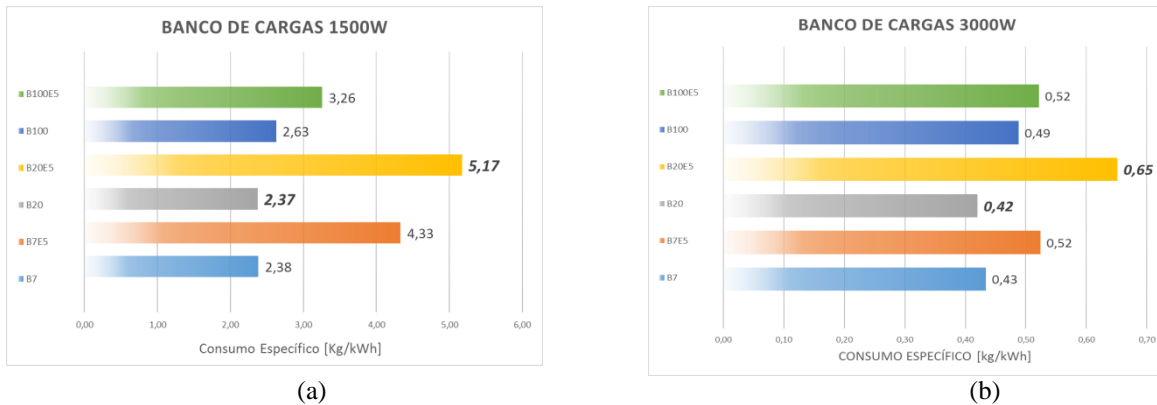
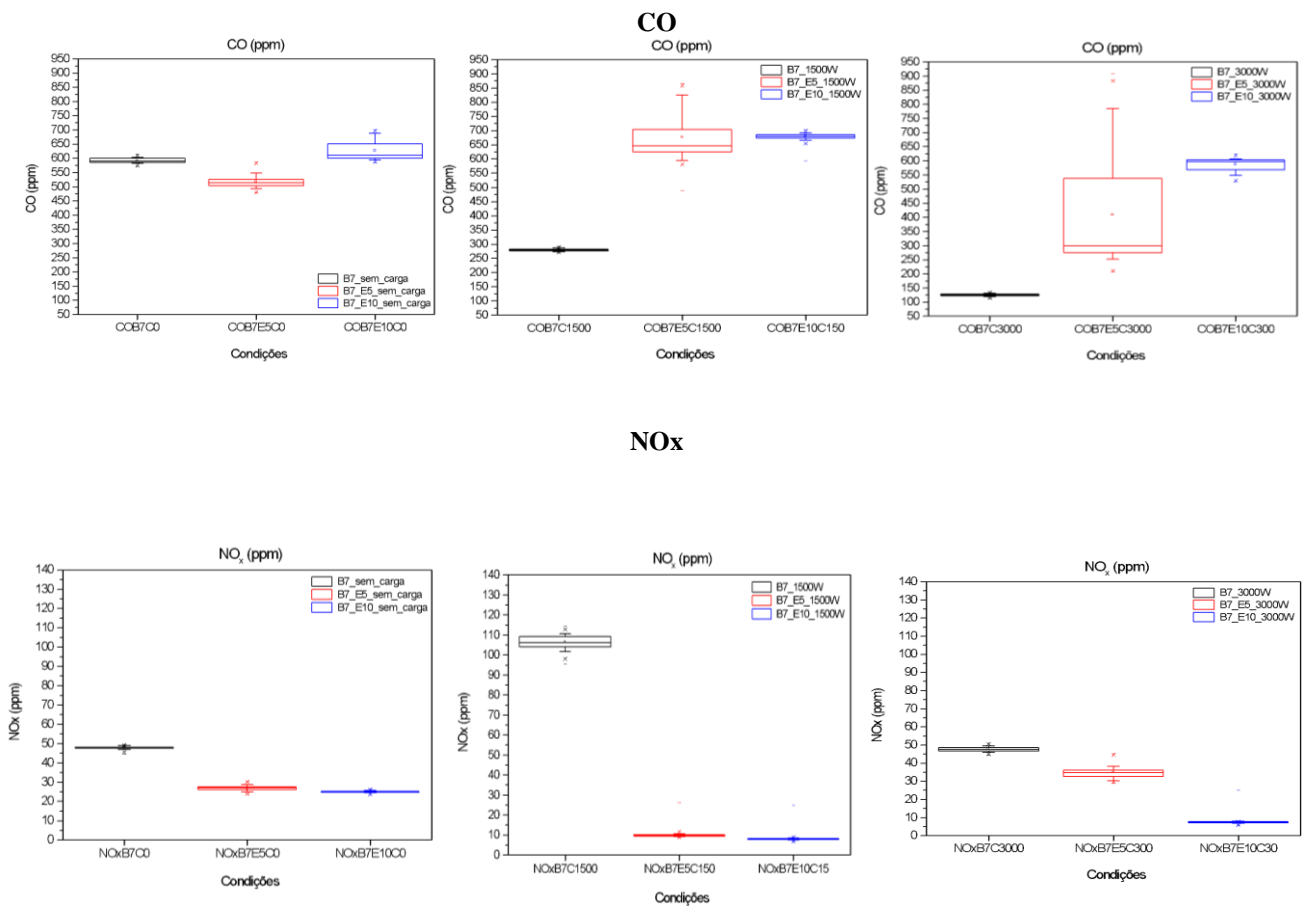


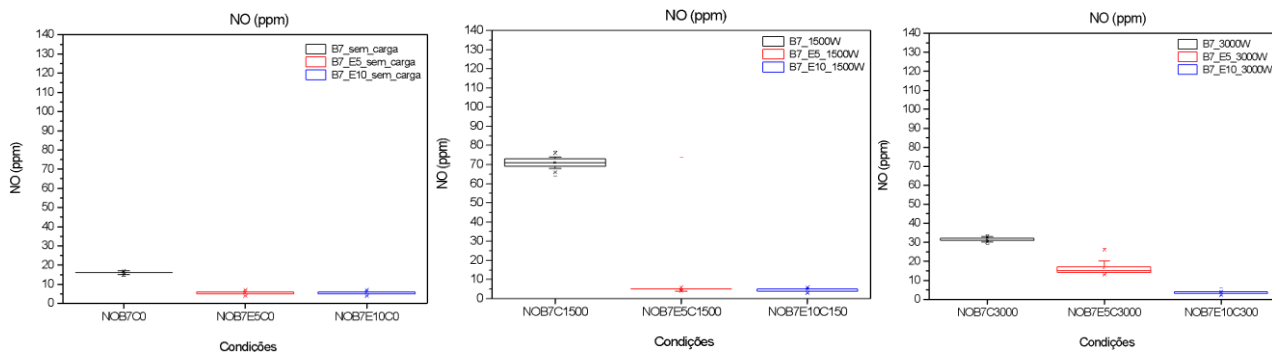
Figura 3. Consumos específicos para simulações de cargas: (a) 1500 W, e (b) 3000 W.

3.3. Emissões de Gases de Exaustão

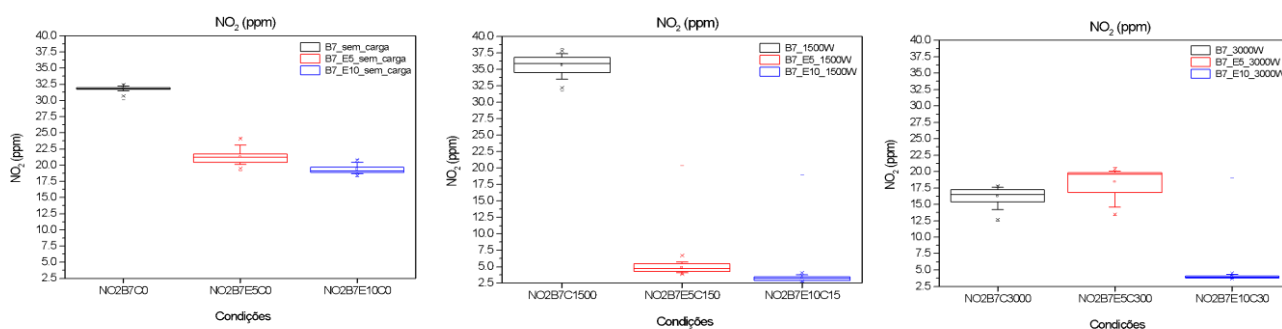
As Figs. 4, 5 e 6 mostram os resultados médios dos testes realizados para B7, B7E5, B20, B20E5, B100 e B100E5, obtidos durante análises de 3200 seg., nas condições: sem carga, e cargas de 1500 W e 3000 W.



NO



NO₂



CO₂

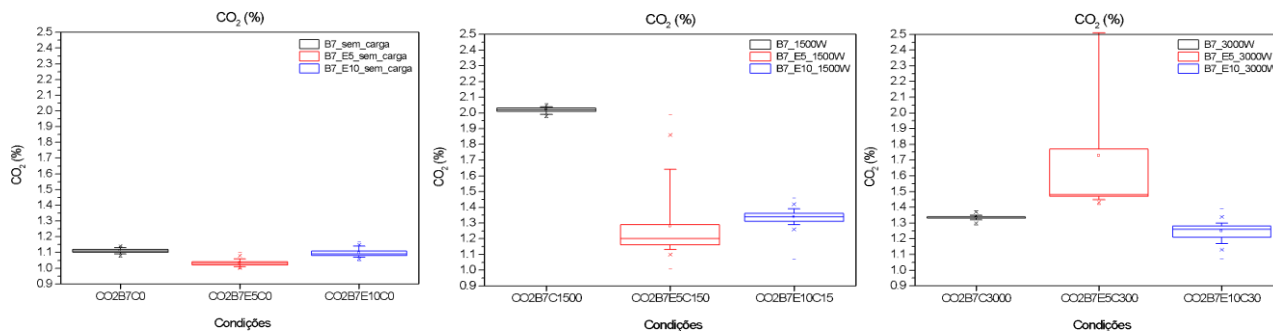
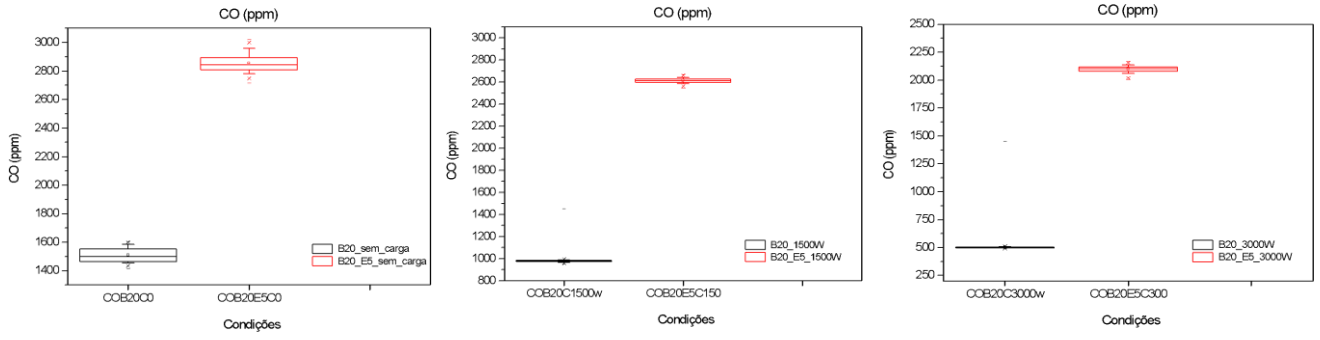


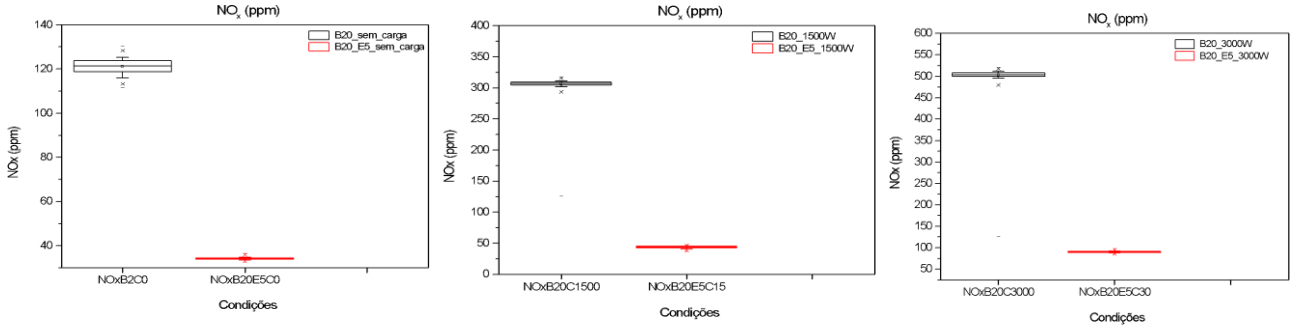
Figura 4- Comparações dos gases de exaustão para o B7.

Observa-se na Fig. 4 (B7 e B7E5) que para a emissão de CO houve um aumento entre 200 e 400 ppm quando demandada carga, concordando com o que Y.H. Tan et al. constatou em seus estudos com mistura semelhante a utilizada em nossos ensaios (Y.H. Tan et al, 2017). Quando analisados os gases NO, NO₂ e NO_x, nota-se um decréscimo considerável para a mistura B7E5 comparada ao diesel comercial B7, além de ocorrer um aumento nos percentuais de CO₂ ao adicionar biocombustível a mistura. Neste primeiro teste, utilizou-se uma mistura adicional chegando a 10% de etanol. Constatou-se que os resultados foram similares ao E5, porém o motor encontrava muita dificuldade em arrancar e estabilizar, ficando evidente a necessidade de modificações mecânicas no mesmo. Assim, decidiu-se não seguir o ensaio com a mistura de B7E5.

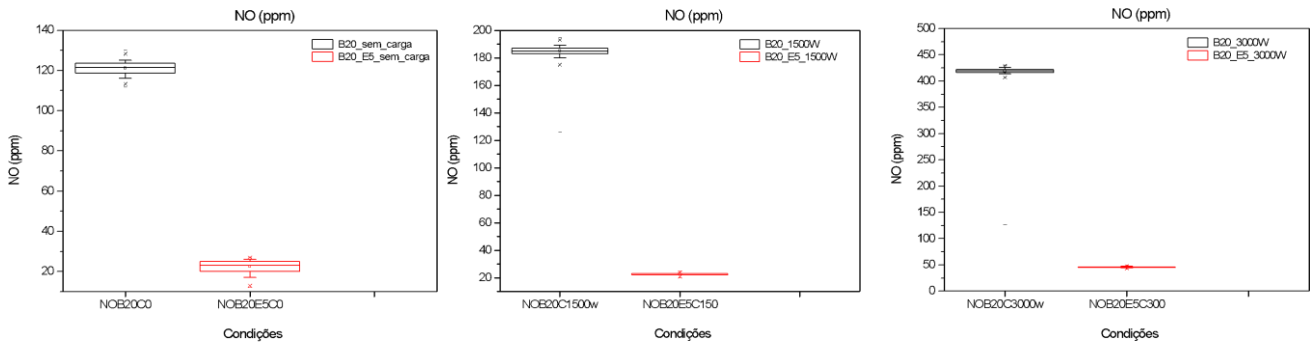
CO



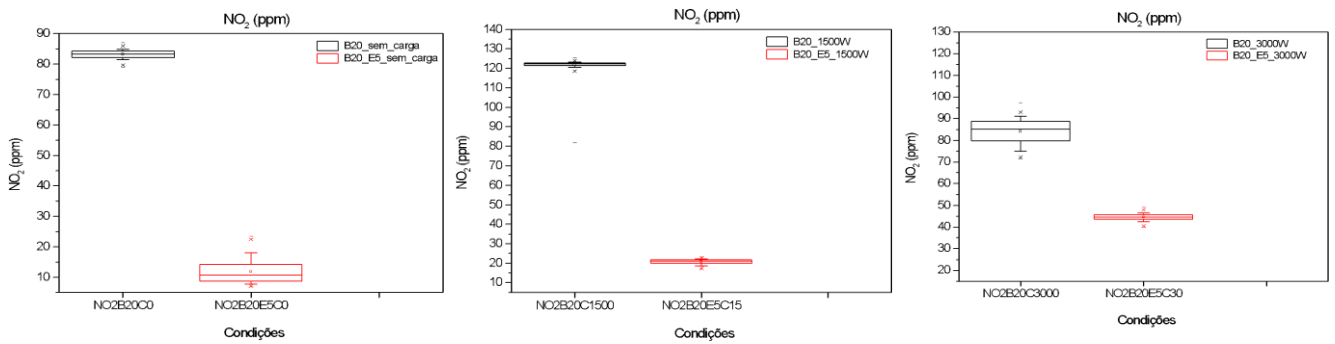
NO_x



NO



NO₂



CO₂

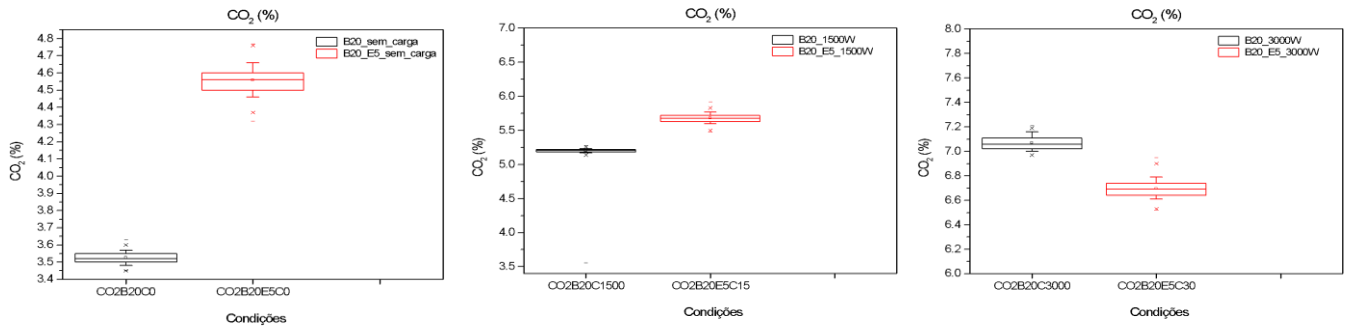
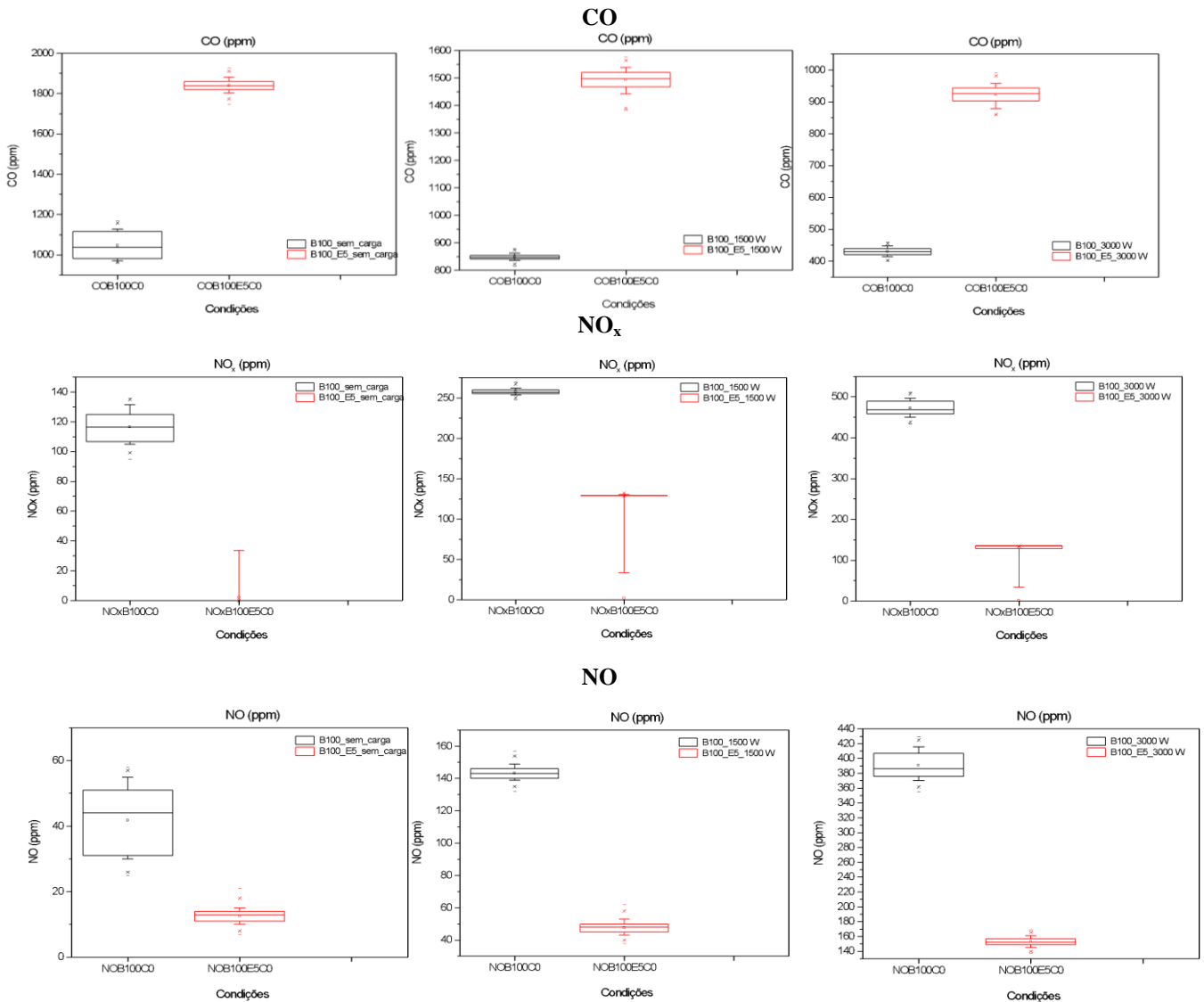


Figura 5. Comparações dos gases de exaustão para o B20.

Ao analisar os resultados obtidos para B20 e B20E5 (Fig. 5), obteve-se valores de CO com aumento expressivo de 2000 ppm quando inserido o etanol à mistura, diferentemente de H. Chen et al. que verificou uma redução de 28,6%, quando em baixa rotação, nas emissões da mistura de B20E5 em comparação ao B20 (H. Chen et al., 2014). Com relação a NO, NO_x e NO₂ obtivemos queda para faixa mínima abaixo de 50 ppm para B20E5, resultado melhor em comparação a H. Chen et al. que não obteve uma variação regular para conseguir avaliar precisamente a emissão desses gases. Também se observou a alta de CO₂, esperada, apenas para baixas cargas, e em carga máxima uma queda de 0,5%, o que concorda com os relatos de Guarieiro (2009) e Randazzo (2011).



NO₂

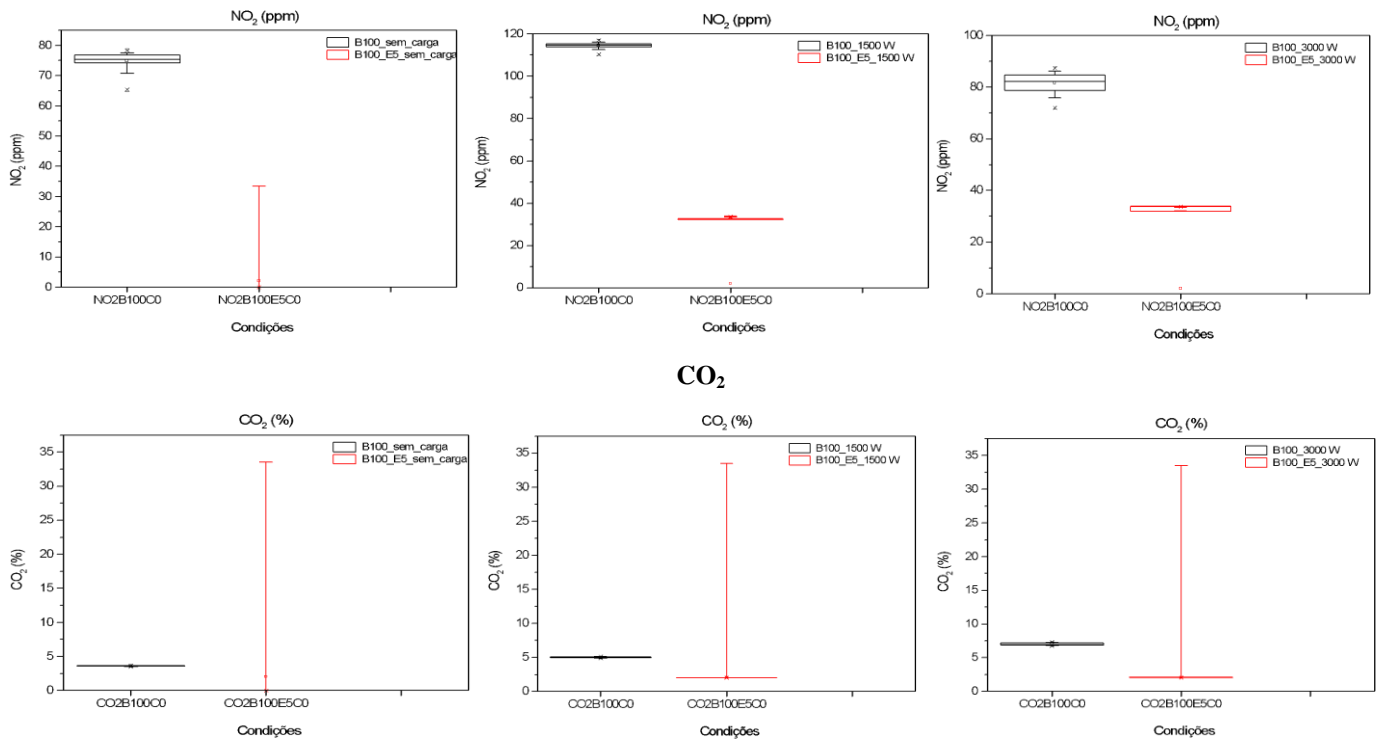


Figura 6. Comparações dos gases de exaustão para o B100.

Na Fig. 6 fica evidente a tendência das misturas para o B100 e B100E5. Enquanto CO apresentou crescimento para todas as cargas, NO, NO_x e NO₂ tiveram queda significativa com a inserção de etanol. Para o CO₂ percebe-se estabilidade em B100 e queda para B100E5. No entanto, o motor custa a adaptar-se as misturas, logo picos elevados de CO₂ são identificados, devido à baixa compressibilidade do biodiesel aliado à queda na temperatura da câmara provocada pelo etanol.

4. CONCLUSÕES

De acordo com a metodologia aplicada e os resultados obtidos, as seguintes conclusões foram construídas:

- para a potência em carga máxima (3000 W), o melhor desempenho foi obtido para o B20 (3140 W), e o pior comportamento para o B20E5 (1965 W), com uma diferença de aproximadamente 37,4 %, para a mesma situação de carga demandada;
- em relação ao consumo específico de combustível, o maior consumo foi observado para o B20E5 (5,17 kg/kWh) para demanda de 1500 W simulada e o menor para o B20 (0,42 kg/kWh) para demanda de 3000 W, com uma diminuição de 50%. Aumentando o teor de biodiesel e adicionando etanol às misturas, aumenta-se o consumo do combustível;
- para as temperaturas dos gases de exaustão, foi observado acréscimo com o acréscimo de biodiesel ao diesel;
- para as emissões dos gases de exaustão, os resultados para as misturas B7 e B7E5 apresentaram aumentos nas concentrações de CO e CO₂ com o aumento do percentual de biocombustível na mistura, e queda de NO, NO_x e NO₂ com a introdução do etanol anidro.
- ao analisar as emissões para o B20, B20E5, B100 e B100E5, comprova-se um decréscimo de CO₂ e uma diminuição significativa de NO, NO_x e NO₂, seguindo a tendência do B7 e B7E5, devido à queda de temperatura na câmara de combustão provocada pela adição do etanol, comprovando a efetiva redução de alguns gases provocada pela adição de etanol ao biodiesel.
- com o acréscimo de etanol ao biodiesel (B100E5), os gases que apresentaram as reduções mais significativas foram: NO_x: 77,7%; NO₂: 43,7% e NO: 61,5%, com uma redução de potência gerada de apenas 14%.

Assim, neste estudo foi possível observar que o melhor desempenho elétrico do motor foi obtido para o B20 e o melhor desempenho ambiental para o B100E5.

REFERÊNCIAS

Agarwal A K., 2007. Biofuels (alcohols and biodiesel) applications as fuels for internal combustion engines. Prog Energy Combust Sci.

- Agarwal A. K, Sinha, S., Agarwal, 2006. Experimental Investigation of Control of NO_x Emissions in Biodiesel-Fuelled Compression Ignition Engine, *Renewable Energy*, vol. 31.
- Bucker F., 2009. Biodeterioração de Misturas de Diesel e Biodiesel e seu Controle com Biocidas. UFRGS.
- Habibullah, M. et al., 2014. Biodiesel Production and Performance Evaluation of Coconut, Palm and Their Comined Blend with Diesel in a Singer-Cylinder Engine, *Energy Conversion and Management*, vol. 87.
- Hao Chen, Lu Yang, Yapeng Li, Yong Ma, Penghui Zhang, Jiang Li. 2014. Combustion and Emission Characteristics of CI Engine fueled with Rapeseed Biodiesel, Diesel and Ethanol Blend. *International Energy Journal* 14 (75-86).
- La puerta M, Armas O, Rodríguez-Fernández J., 2008. Effect to biodiesel fuels on diesel engine emissions. *Prog Energy Combust Sci*.
- Li D-g Zhen H, Xing cai L, Wu-gao Z, Jian-guang Y., 2005. Physico-chemical properties of ethanol–diesel blend fuel and its effect to performance and emissions of diesel engines. *Renewable Energy*.
- Paulo, A. A.; da Costa, Ronaldo Silvestre; Vecchia, Felipe Dalla; Serafin, M.; dos Santos, Carlos Alexandre, 2016. Performance and emission evaluations in a power generator fuelled with Brazilian diesel and additions of waste frying oil biodiesel. *Applied Thermal Engineering*, v. 98.
- Randazzo M L, Sodr  J R., 2011. Exhaust emissions from a diesel powered vehicle fuelled by soybean biodiesel blends (B3–B20) with ethanol as an additive (B20E2-B20E5). *Fuel*.
- TESTO-350 M/XL, 2014. Instruction Manual. Testo AG.
- Torres-Jimenez E, Svoljsak-Jerman M, Gregorc A, Lisec I, Dorado MP, Kegl B. 2010. Physical and chemical properties of ethanol–biodiesel blends for diesel engines. *Energy Fuels*.
- Yie Hua Tan, Mohammad Omar Abdullah, Cirilo Nolasco-Hipolito, Nur Syuhada Ahmad Zauzi, Georgie Wong Abdullah. 2017. Engine performance and emissions characteristics of a diesel engine fueled with diesel-biodiesel-bioethanol emulsions. *Energy Conversion and Management* 132 (54–64).

COMPARISON BETWEEN ELECTRICAL ENERGY PERFORMANCES IN A ENGINE GENERATOR GROUP FUELLED WITH DIESEL-BIODIESEL AND DIESEL-BIODIESEL-ETHANOL BLENDS

Abstract: *The objective of the work is to evaluate the performances of an power engine-generator group fuelled with diesel-biodiesel and diesel-biodiesel-ethanol blends. For each blend, power, fuel consumption and exhaust emissions were analyzed, simulating variable energy demand using a resistive load bank. For the tests, B7 (diesel + 7% biodiesel v/v), B7E5 (diesel + 7% biodiesel + 5% ethanol), B20 (B7 + 13% biodiesel), B20E5 (B7 + 13% biodiesel + 5% ethanol), B100 (100% biodiesel) e B100E5 (100% biodiesel + 5% ethanol) were used as fuels. Biodiesel used in the tests was produced by methyl transesterification reaction using soybean oil as raw material. For each fuel, it was applied 1.5 kW, 3.0 kW and 4.5 kW loads, simulating demands of 25%, 50% and 75% of the nominal power. The engine-generator group is composed of a diesel-type internal combustion engine and a commercially available 6.5 kVA power generator. Best power performance was achieved by B20. For thermal efficiency, an increase was observed between B7 and B20, with the highest value for B20 and the smallest value for B20E5. When considering the specific fuel consumption, the highest consumption was noted for B20E5 and the lowest consumption for B20. In addition, the CO₂, NO_x and NO concentrations in the exhaust gases increased with increasing in the biodiesel content, while CO and NO₂ decreased. With the addition of ethanol to biodiesel (B100E5), the gases that showed the most significant reductions were NO_x, NO₂ and NO, as well as a power reduction of 14%, showing that the use of biofuels can be an excellent alternative for electrical energy generation.*

Key words: *Diesel, Biodiesel, Ethanol, Emissions, Generator.*