



Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais

PRH-37

Engenharia Mecânica para o Uso Eficiente de Biocombustíveis



FINEP
FINANCIADORA DE ESTUDOS E PROJETOS

Ministério da
Ciência e Tecnologia



“ÓLEOS VEGETAIS E DE FRITURA TRANSESTERIFICADOS E O BIODIESEL: INFLUÊNCIA DE SUAS CARACTERÍSTICAS NO CONSUMO E EMISSÕES DE MOTOR DIESEL ACOPLADO A GERADOR DE ENERGIA ELÉTRICA.”



O PRH-37: "Engenharia Mecânica para o uso Eficiente de Biocombustíveis", visa fornecer ao aluno um conjunto de conhecimentos fundamentais necessários à formação de engenheiros mecânicos que desejem atuar como especialistas em **equipamentos** e sistemas para transporte, armazenamento e uso de biocombustíveis. Essencialmente os alunos formados desenvolverão ter capacidade para atuar nos seguintes temas voltados para o uso eficiente de biocombustíveis:

- Análise e projeto de sistemas de armazenamento e transporte;
- Análise de desempenho e durabilidade de máquinas térmicas;
- Análise de emissão e dispersão de poluentes;
- Otimização de sistemas de co-geração de energia;
- Modelagem e simulação computacional.

Desta forma, o PRH-37 visa aglutinar a recente demanda de conhecimento nas áreas de Biocombustíveis e Eficiência Energéticas, já existente na EM/UFRJ, associada à uma demanda mundial pelo melhor aproveitamento das fontes fósseis de energia e do recente uso de biocombustíveis, no sentido de uma otimização dos equipamentos atualmente existentes para seu uso e na minimização dos efeitos ao meio ambiente.



- Análise e projeto de sistemas de armazenamento e transporte;
- **Análise de desempenho** e durabilidade **de máquinas térmicas**;
- **Análise de emissão** e dispersão **de poluentes**;
- **Otimização de sistemas de co-geração de energia**;
- Modelagem e simulação computacional.



ANÁLISE DE DESEMPENHO DE MÁQUINAS TÉRMICAS

Dicionário eletrônico Houaiss da língua portuguesa 1.0.5

Arquivo Editar Exibir Ferramentas Ajuda

maquina

maquina *Datação:* sXV cf. FichIVPM

Acepções | Locuções

■ **substantivo feminino**

1 engenho destinado a transformar uma forma de energia em outra e/ou utilizar essa transformação para produzir determinado efeito [Genericamente, classificam-se as máquinas em *simples*, as constituídas de uma só peça (são elas: a alavanca, a cunha, o eixo, o parafuso, o plano inclinado e a roda) e *compostas*, aquelas cuja operabilidade depende da ação combinada de duas ou mais partes (são elas: a vapor, de explosão, de combustão, pneumática, elétrica, eletrônica, nuclear).]

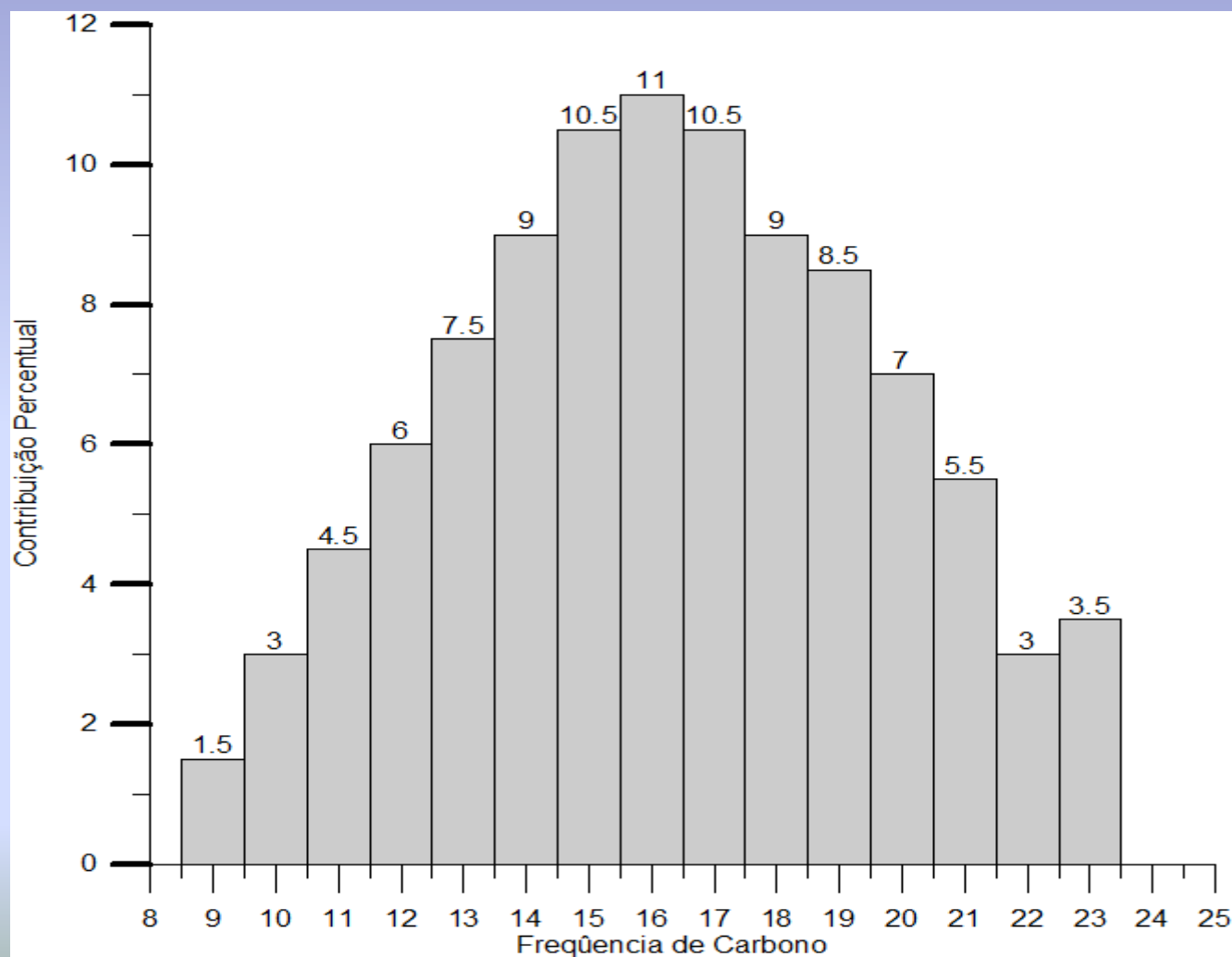
2 qualquer equipamento que empregue força mecânica, composto de peças interligadas, cada qual com uma função específica, e em que o trabalho humano é substituído pela ação do mecanismo

Gramática | Coletivos | Sinônimos/Variantes | Parônimos | **Etimologia** | Noção

lat. *machīna*, ae 'máquina, aparelho; guindaste, polé; andaime; ariete, máquina de guerra; armas, meios, esforços; expediente, artifício, invenção' < gr. *mákhana*, ês 'invenção engenhosa; máquina; máquina de guerra; máquina de teatro; qualquer meio engenhoso de conseguir um fim; meio, expediente, artifício; habilidade, talento de imaginar, de inventar'; f.hist. sXV *machina*, 1716 *maquina*



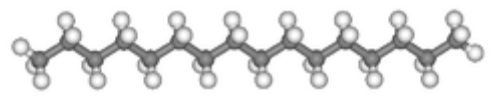
COMBUSTÍVEL DIESEL – COMPOSIÇÃO





COMBUSTÍVEL DIESEL

Cetano: $C_{16}H_{34}$

Hexadecane ^[1]	
	
	
IUPAC name	[hide]
Hexadecane	
Other names	[hide]
Cetane	
n-Hexadecane	

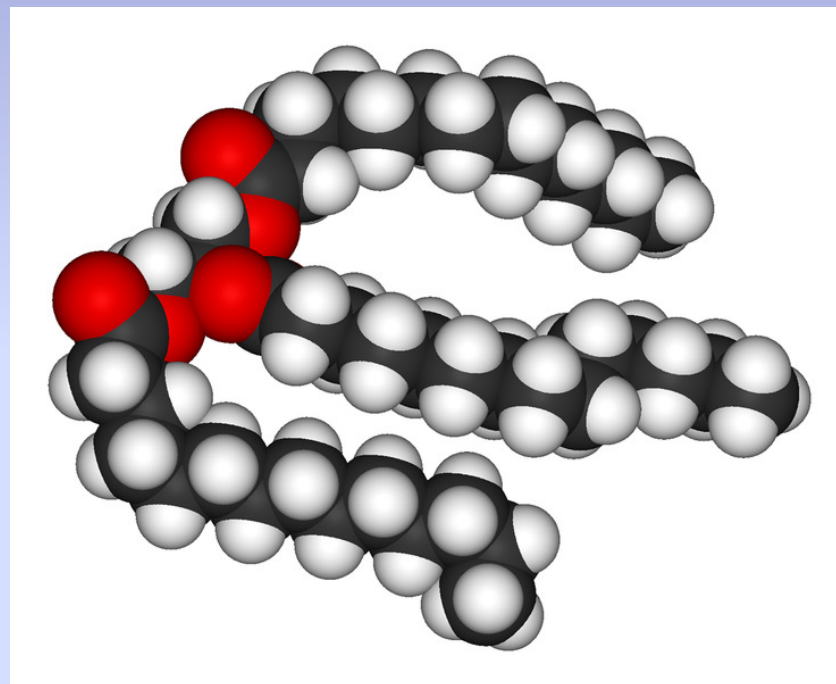
Identifiers	
CAS number	544-76-3 ✓
PubChem	11006
ChemSpider	10540
EC number	208-878-9
SMILES	[hide] <chem>CCCCCCCCCCCCCCCC</chem>
InChI	[hide] InChI=1/C16H34 /c1-3-5-7-9-11-13-15-16-14-12-10-8-6-4-2 /h3-16H2,1-2H3
InChI key	[hide] DCAYPVUWAIABOU-UHFFFAOYAR

Properties	
Molecular formula	$C_{16}H_{34}$
Molar mass	226.44 g/mol
Melting point	18 °C, 291 K, 64 °F
Boiling point	287 °C, 560 K, 549 °F
Solubility in water	Insoluble
Hazards	
Flash point	135 °C
Autoignition temperature	201 °C
✓ (what is this?) (verify) Except where noted otherwise, data are given for materials in their standard state (at 25 °C, 100 kPa)	
Infobox references	



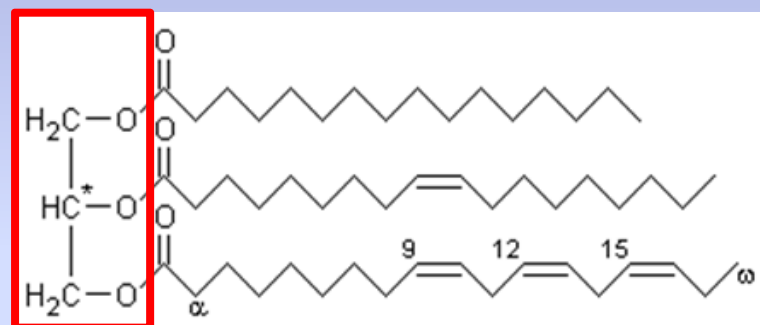
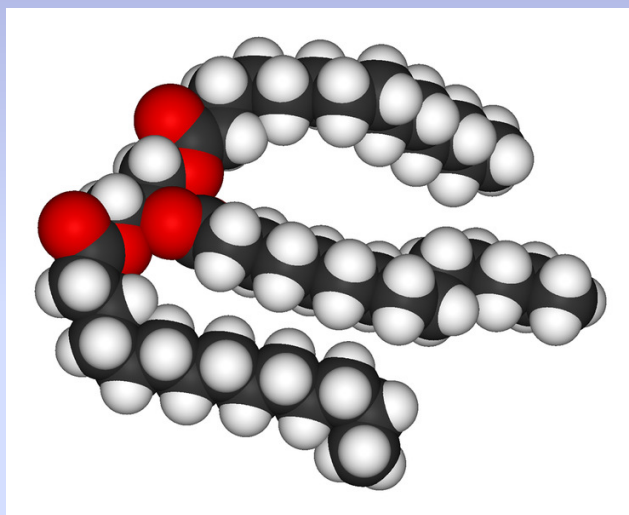
COMPOSIÇÃO DOS ÓLEOS VEGETAIS

- Ácidos graxos livres
- Glicerol
- Mono, di e triglicerídeos
- Fosfolipídios
- Lipoproteínas
- Glicolipídios
- Cera
- Terpenos ($C_{10}H_{16}O_3$ e $C_{8}H_{12}O_4$)
- Outros compostos





Os óleos vegetais e as gorduras de origem animal são triglicerídeos, isto é, ésteres neutros de glicerol e ácidos graxos de cadeia longa.



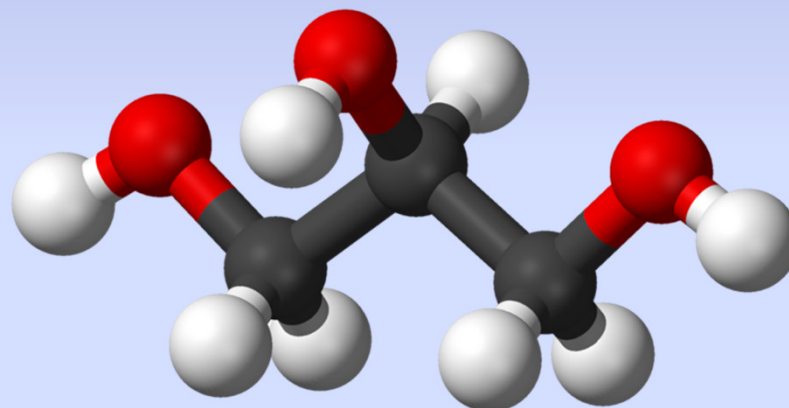
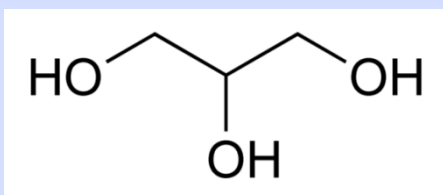
Esquerda: Glicerol ou Glicerina

Direita: Ácido Palmítico, Ácido Oléico e Ácido Linolênico.

O processo de transesterificação
separa os ésteres da glicerina



Glicerina é um subproduto com aplicações no campo da farmácia e outras indústrias





COMPOSIÇÃO DOS ÓLEOS VEGETAIS

ÁCIDOS GRAXOS	Massa Molar (g/mol)	Soja	Mamona	Pinhão Manso	Dendê	Babaçu
Cáprico	172,26					6,30
Caprílico	144,21					6,80
Esteárico	284,48	2,40	1,00	5,10	4,50	3,40
Laúrico	200,32					41,00
Linoléico	280,45	51,20	5,00	38,10	10,90	2,50
Linolênico	278,43	8,50	1,00	0,20		
Mirístico	228,37				1,10	16,20
Oleico	282,46	23,50	6,00	41,10	43,50	14,20
Palmítico	256,42	11,00	1,00	14,30	39,70	9,40
Palmitoléico	254,41			1,30	0,30	
Ricínoléico	298,46		85,00			
Outros		3,40				0,20
TOTAL		100%	99%	100%	100%	100%

Fonte: CETEC-MG



COMPOSIÇÃO DOS ÓLEOS VEGETAIS

ÁCIDOS GRAXOS	Soja	Mamona	Pinhão Manso	Dendê	Babaçu
Cáprico					10,85
Caprílico					9,81
Estearico	6,83	2,84	14,51	12,80	9,67
Laúrico					82,13
Linoléico	143,59	14,02	106,85	30,57	7,01
Linolênico	23,67	2,78	0,56		
Mirístico				2,51	37,00
Oleico	66,38	16,95	116,09	122,87	40,11
Palmítico	28,21	2,56	36,67	101,80	24,10
Palmitoléico			3,31	0,76	
Ricínoléico		253,69			
Outros	0,00				0,00
TOTAL (g/mol)	268,67	292,85	277,98	271,31	220,68



MASSA MOLAR

DIESEL – 230,09 g/mol

MAMONA – 292,85 g/mol

SOJA – 268,67 g/mol

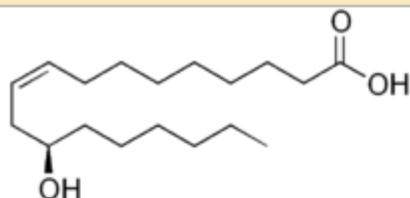


Ricínolico

ÓLEO VEGETAL

Óleo de Mamona

Ricinoleic acid



IUPAC name [\[hide\]](#)

(9Z,12R)-12-Hydroxyoctadec-9-enoic acid

Other names [\[hide\]](#)

R12-Hydroxy-9-*c/s*-octadecenoic acid

Identifiers

CAS number	141-22-0 ✓
PubChem	643684
ChemSpider	558800
UNII	I2D0F69854 ✓
SMILES	[show]
InChI	[show]
InChI key	[show]

Properties

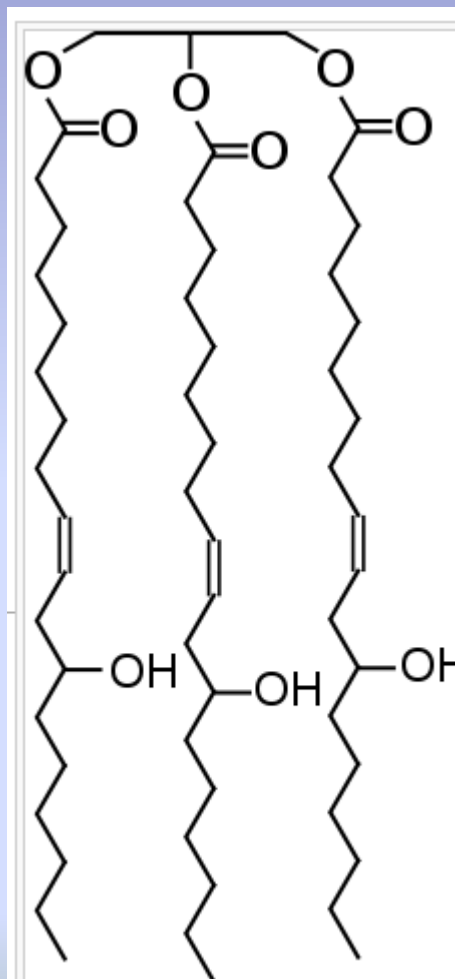
Molecular formula	C ₁₈ H ₃₄ O ₃
Molar mass	298.461 g/mol

✓ (what is this?) [\(verify\)](#)

Except where noted otherwise, data are given for materials in their [standard state](#) (at 25 °C, 100 kPa)

MAMONA g/mol

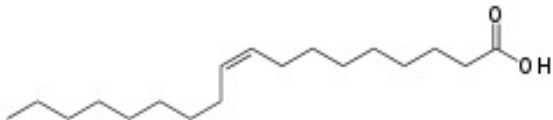
Ricínolico	85,00%	298,46	253,69
------------	--------	--------	--------



Structure of the major component of castor oil.



ÓLEO VEGETAL

Oleic acid		Oleic acid	
		Properties	
		Molecular formula	C ₁₈ H ₃₄ O ₂
IUPAC name [hide]		Molar mass	282.4614 g/mol
(9Z)-Octadec-9-enoic acid		Appearance	Pale yellow or brownish yellow oily liquid with lard-like odor
Other names [hide]		Density	0.895 g/mL
(9Z)-Octadecenoic acid		Melting point	13-14 °C (286 K)
(Z)-Octadec-9-enoic acid		Boiling point	360 °C (633 K) (760mm Hg) ^[1]
<i>cis</i> -9-Octadecenoic acid		Solubility in water	Insoluble
<i>cis</i> -Δ ⁹ -Octadecenoic acid		Solubility in methanol	Soluble
Oleic acid		Hazards	
18:1 <i>cis</i> -9		MSDS	JT Baker ↗
Identifiers		✓ (what is this?) (verify)	
CAS number	112-80-1 ✓	Except where noted otherwise, data are given for materials in their standard state (at 25 °C, 100 kPa)	
SMILES	[show]	Infobox references	



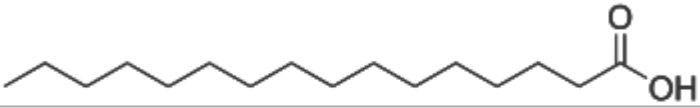
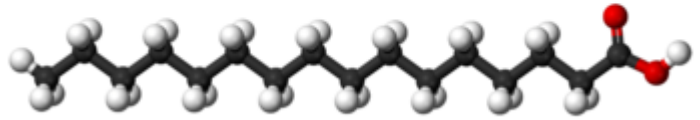
ÓLEO VEGETAL

Linoleic acid	
IUPAC name [hide] <i>cis, cis</i> -9,12-octadecadienoic acid. ^[1]	
Identifiers	
CAS number	60-33-3 ✓
ChemSpider	4444105
UNII	9KJL21TQJ ✓
SMILES	[show]
InChI	[show]
InChI key	[show]

Linoleic acid	
Properties	
Molecular formula	C ₁₈ H ₃₂ O ₂
Molar mass	280.45 g mol ⁻¹
Density	0.9 g/cm ³
Melting point	-5 °C
Boiling point	365°C at 760 Torr
Solubility in methanol	methanol 3.22 M ^[2]
Vapor pressure	16 Torr at 229°C
✓ (what is this?) (verify)	
Except where noted otherwise, data are given for materials in their standard state (at 25 °C, 100 kPa)	
Infobox references	



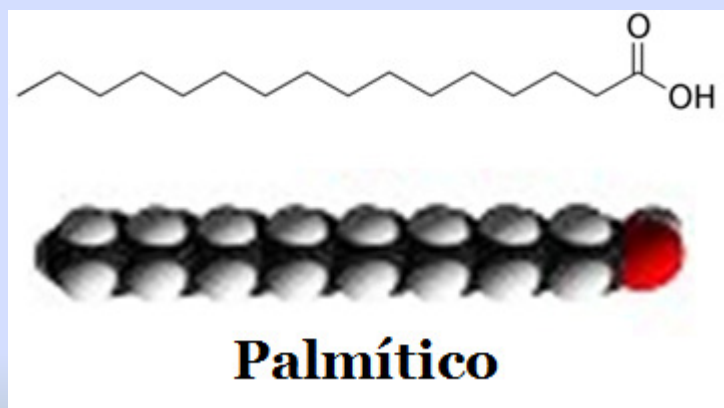
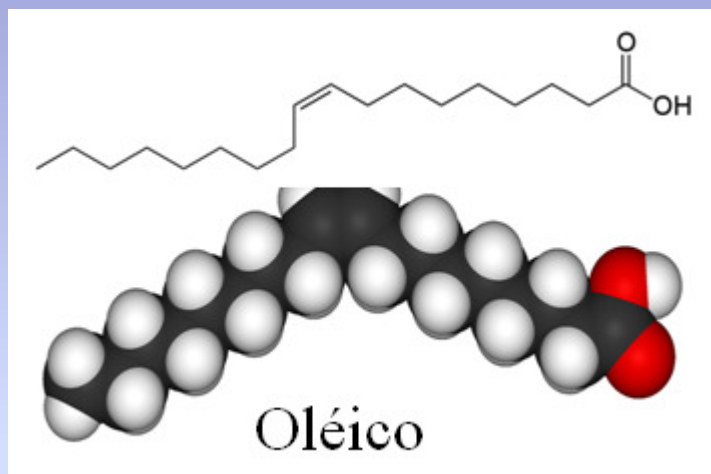
ÓLEO VEGETAL

Palmitic acid ^[1]	
	
	
IUPAC name	[hide]
hexadecanoic acid	
Other names	[hide]
C16:0 (Lipid numbers)	
Identifiers	
CAS number	57-10-3 ✓
PubChem	985
IUPHAR ligand	1055
SMILES	[show]

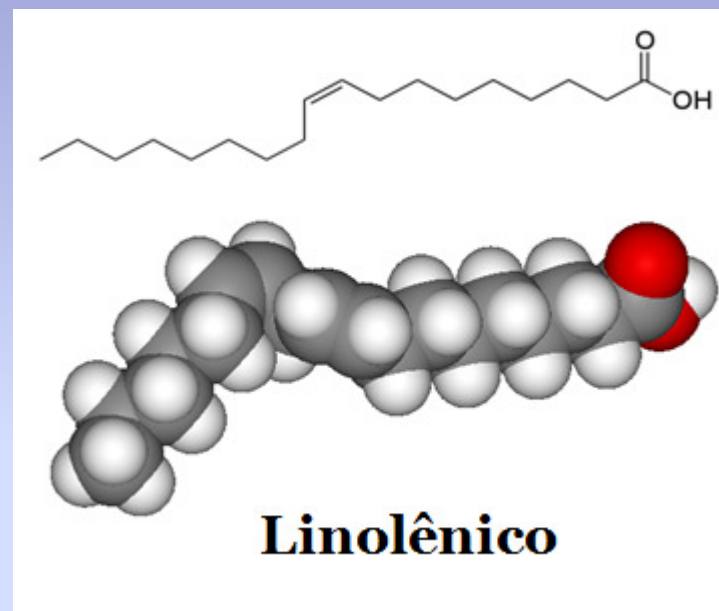
Palmitic acid ^[1]	
Properties	
Molecular formula	C ₁₆ H ₃₂ O ₂
Molar mass	256.42 g/mol
Appearance	White crystals
Density	0.853 g/cm ³ at 62 °C
Melting point	62.9 °C ^[2]
Boiling point	351-352 °C ^[3] 215 °C at 15 mmHg
Solubility in water	Insoluble
✓ (what is this?) (verify) Except where noted otherwise, data are given for materials in their standard state (at 25 °C, 100 kPa)	



ÓLEO VEGETAL



SOJA



SOJA (g/mol)			
Linoléico	51,20%	280,45	143,5904
Óleico	23,50%	282,42	66,3687
Palmítico	11,00%	256,42	28,2062
	85,70%		238,1653



ÓLEO VEGETAL

MAMONA – 253,7 g/mol

85% óleo

SOJA – 238,17 g/mol



Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais

COMBUSTÍVEL DIESEL

Óleo Diesel Resolução ANP



Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais

Biodiesel

Resolução ANP

Julho
2013

PRH-37
UFRJ

Professor
Osmano Valente



ÓLEO TRANSESTERIFICADOS

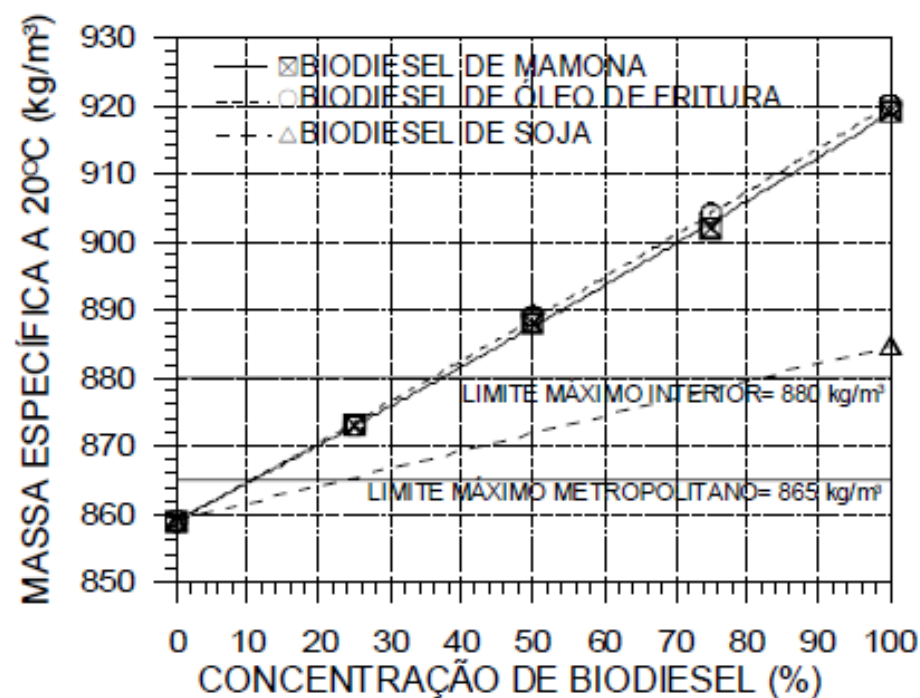


Figura 5.1: Variação da massa específica com a concentração de biodiesel. Fonte:

LEC/UFG.



ÓLEO TRANSESTERIFICADOS

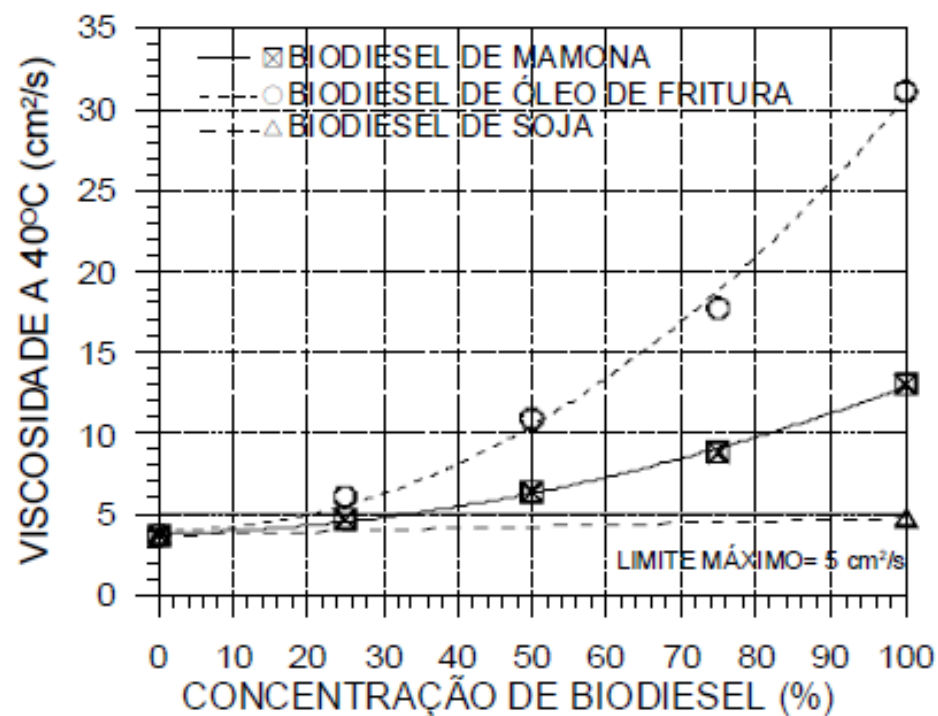


Figura 5.2: Variação da viscosidade com a concentração de biodiesel. Fonte:

LEC/UFG.



ÓLEO TRANSESTERIFICADOS

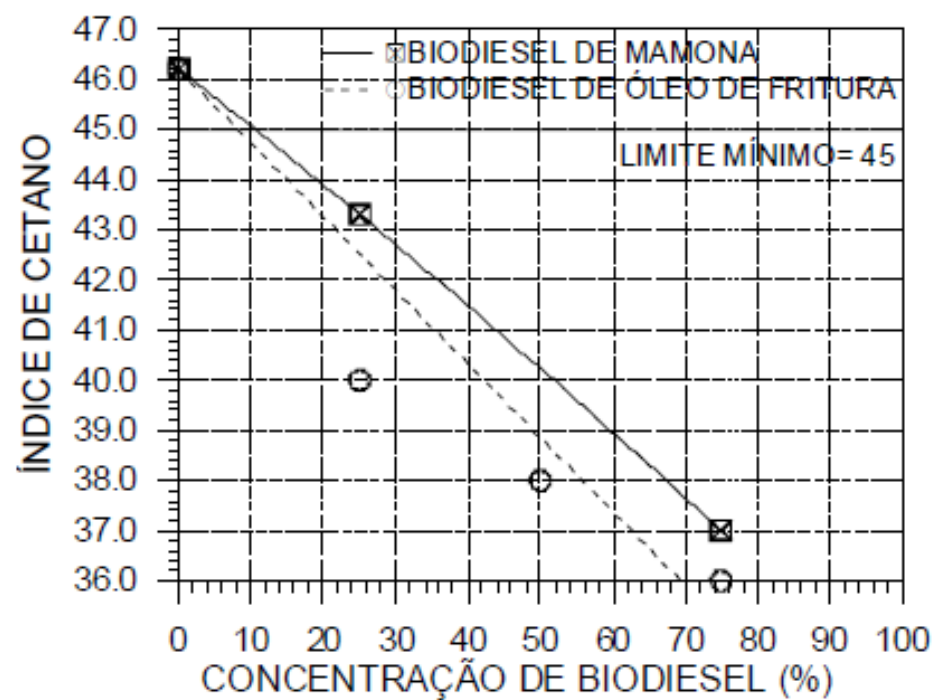


Figura 5.3: Variação do índice de cetano com a concentração de biodiesel. Fonte:

LEC/UFG.



CO-GERAÇÃO DE ENERGIA

GRUPO MOTOR DIESEL E GERADOR

Índice de Cetano

Um método de determinação do IC é regulamentado pela norma ASTM D4737 (ASTM International, 2004) e utiliza três pontos da curva de destilação. A equação para cálculo utilizando três pontos é mostrada a seguir (Owen and Coley, 1995). Esta equação mostra-se inadequada para determinação do IC de combustíveis tratados com aditivos oxigenados para aumentar o número de cetano.

$$IC = 45,2 + 0,0892(T_{10} - 215) + 0,131(T_{50} - 260) + 0,0523(T_{90} - 310) + 0,901(T_{50} - 260) - 0,420(T_{90} - 310) + 0,0049(T_{10} - 215)^2 + 0,0049(T_{90} - 215)^2 + 0,70B + 60B^2$$

$$B = e^{-3,5(\rho - 0,85)}$$



ÓLEO TRANSESTERIFICADOS

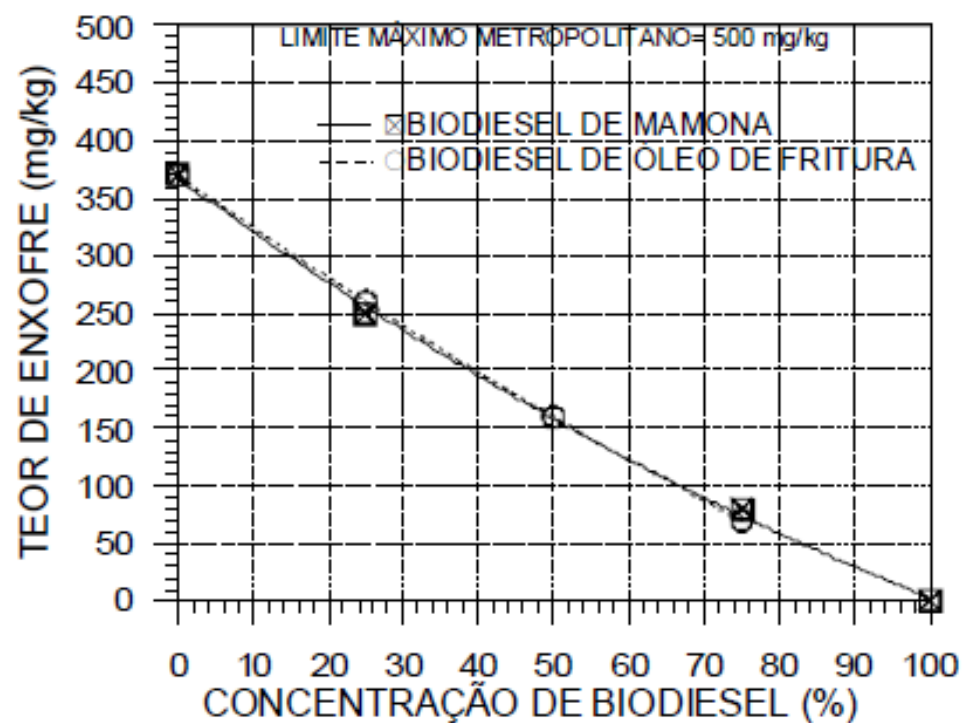
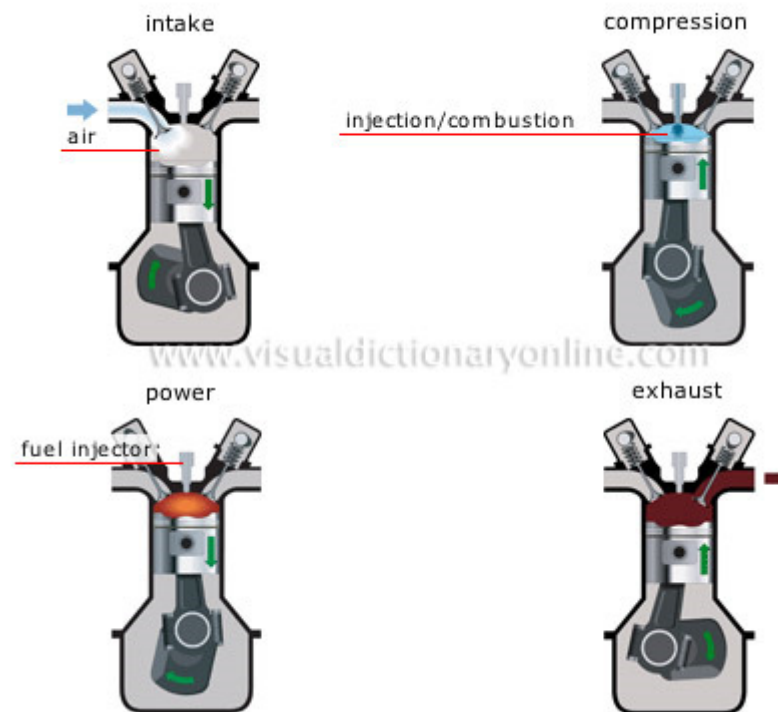
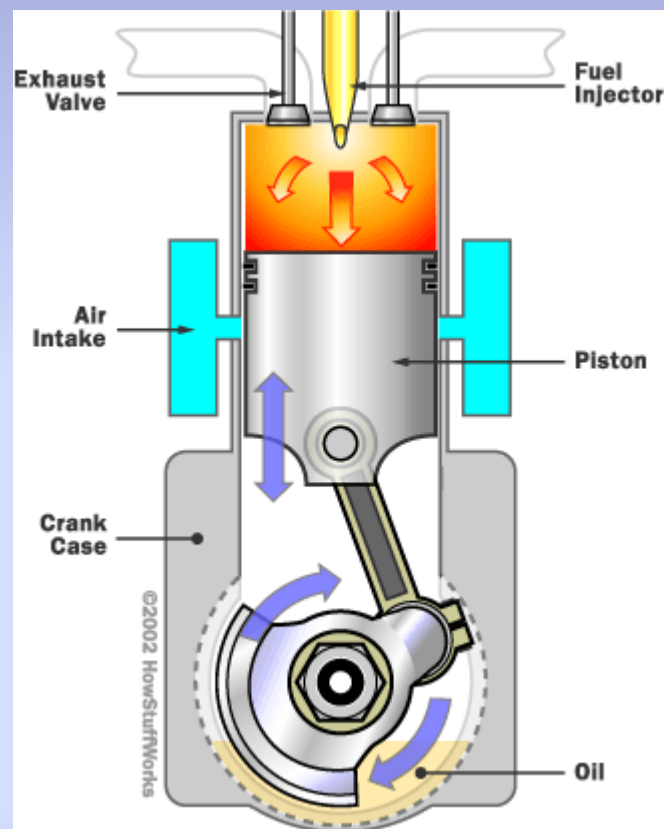


Figura 5.6: Variação do teor de enxofre com a concentração de biodiesel. Fonte: LMT/COPPE/UFRJ.

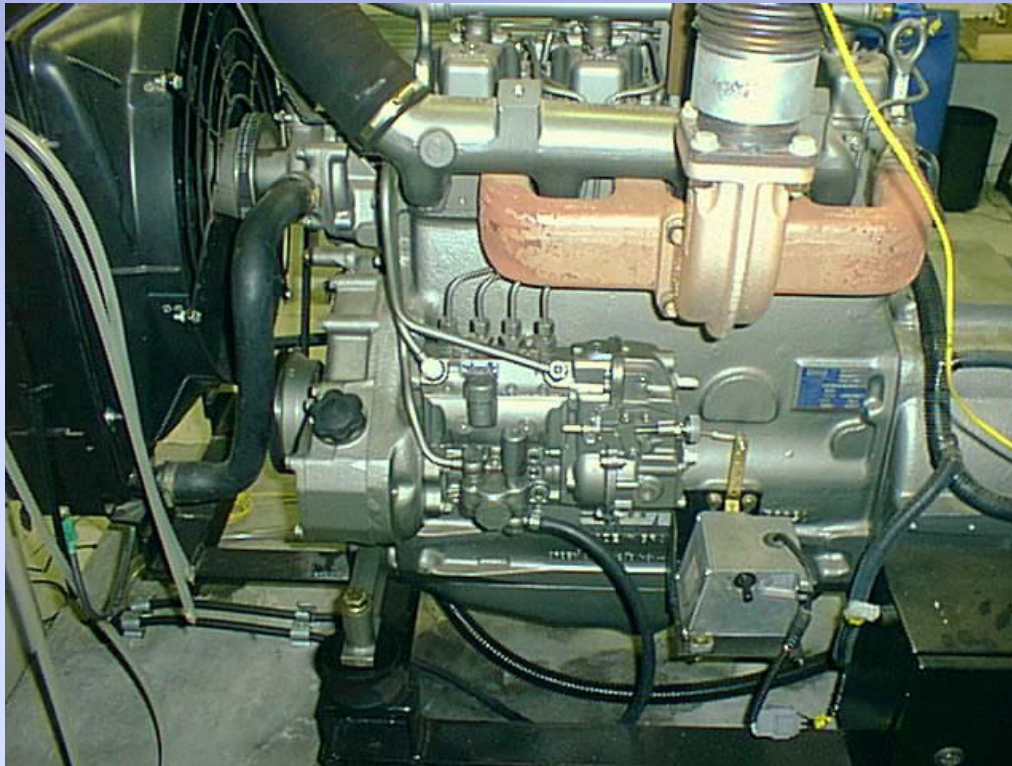


Máquina de combustão interna por compressão MOTOR DIESEL





Máquina de combustão interna por compressão MOTOR DIESEL



BOMBA INJETORA
(VOLUMÉTRICA)



INJETOR



Máquina de combustão interna por compressão MOTOR DIESEL

Desempenho do Motor	Características do Combustível
Partida	Número de Cetano – maior
Ruído	
Atrito (Lubricidade)	Viscosidade Cinemática - maior
Potência	•Viscosidade Cinemática - menor •Poder Calorífico – maior •Estabilidade química
Consumo	
Operação em baixa Temperatura	Teor menor de ceras e de Parafina
Emissões de NOx e Particulados	Viscosidade Cinemática - menor

$$T = Fd$$



Máquina de combustão interna por compressão MOTOR DIESEL

Torque

O torque (N.m) é dado pelo produto da força (N) produzida pelo motor para vencer a carga resistiva imposta pelo dinamômetro, mantendo a velocidade de rotação do eixo, e a distância (m) do ponto de aplicação desta força à linha de centro do eixo:

$$T = Fd$$

Potência

Potência de frenagem (W) é a potência disponível no eixo de um motor de combustão interna. É dada pelo produto do torque de frenagem e a velocidade de rotação do eixo do motor:

$$P_b = T\omega$$

$$T = F d m_F n_R T \quad \frac{dV_F n_R P_b}{dt N_{cil} V_d} = \frac{dV_F n_R P_b}{dt N_{cil} V_d \omega}$$



Máquina de combustão interna por compressão MOTOR DIESEL

Pressão Média Efetiva

A pressão média efetiva relaciona o trabalho desenvolvido por ciclo e o volume deslocado pelos cilindros do motor; é calculada considerando no torque de frenagem ou na potência disponível no eixo de motor:

$$BMEP = \frac{n_R T}{N_{cil} V_d} = \frac{n_R P_b}{N_{cil} V_d \omega}$$

Consumo Específico de Combustível

Medida mais representativa do desempenho do motor; relaciona a quantidade de combustível consumido por unidade de potência produzida pelo motor:

$$SFC = \frac{\dot{m}_F}{P_b}$$

BMPE – pressão média efetiva de frenagem (Pa)

η_R – número de revoluções por ciclo

N_{cil} – número de cilindros

V_d – volume deslocado por um cilindro (m³)

$$\eta_m = \frac{P_b}{P_i} = \frac{\eta_t}{\eta_F}$$

• Eficiência Mecânica

relaciona a potência disponível no eixo do motor e a a potência indicada:



Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais

Máquina de combustão interna por compressão MOTOR DIESEL

Eficiência de Conversão do Combustível

A eficiência de conversão do combustível relaciona o trabalho produzido pelo motor por ciclo e a energia disponibilizada pelo combustível, representada pela sua entalpia de reação ou calor de combustão:

$$\eta_F = \frac{P_i}{\dot{m}_F Q_{LHV}}$$

η_F – eficiência de conversão do combustível (adimensional)
 Q_{LHV} – poder calorífico inferior do combustível (kJ/kg)
 P_i – potência indicada do motor (W)
 $\dot{m}_F$ – escoamento de massa de combustível para o motor (kg/s)

Eficiência Mecânica

Eficiência mecânica relaciona a potência disponível no eixo do motor e a a potência indicada:

$$\eta_m = \frac{P_b}{P_i} = \frac{\eta_t}{\eta_F}$$

$$\eta_m = \frac{P_{\text{eixo}}}{P_{\text{ind}}} = \frac{F d n_R}{P_{\text{ind}}} = \frac{d \nabla_F n_R P_b}{P_{\text{ind}}}$$

η_m

•Eficiência Mecânica

relaciona a potência disponível no eixo do motor e a a e a potência indicada:

Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais

Máquina de combustão interna por compressão MOTOR DIESEL

Eficiência Volumétrica

A eficiência volumétrica relaciona a massa de ar real admitida por ciclo do motor e a massa que ocuparia o volume deslocado em um estado padrão de referência:

$$\eta_v = \frac{m_a}{\rho_{a,0} N_{\text{cil}} \nabla_d}$$

Eficiência Térmica

A eficiência térmica do ciclo relaciona a potência disponível no eixo do motor e a energia liberada na combustão:

$$\eta_t = \frac{P_b}{\dot{m}_F Q_{\text{LHV}}}$$

m_a – massa de ar admitido por ciclo (kg)

$\rho_{a,0}$ – escoamento de massa de combustível para o motor (kg/s)



O PROCESSO DE COMBUSTÃO

Principais componentes do ar seco.

COMPONENTE	CONCENTRAÇÃO (ppm/Volume)	MASSA MOLECULAR (kg/kmol)	FRAÇÃO MOLAR	RAZÃO MOLAR
Nitrogênio	780.900	28,012	0,7905	1,000
Oxigênio	209.500	31,998	0,2095	3,773
Argônio	9.300	38,948		-
Dióxido de Carbono	300	40,009		-
AR	1.000.000	28,962	1,0000	4,377

Fonte: Heywood, 1988



O PROCESSO DE COMBUSTÃO

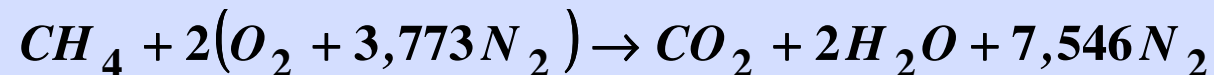
A razão ar/combustível

É a razão entre a massa de ar e a massa de combustível admitida pelo motor por ciclo.

$$\left(\frac{A}{F}\right) = \left(\frac{F}{A}\right)^{-1} = \frac{m_a}{m_F} = \frac{\dot{m}_a}{\dot{m}_F}$$

Razão estequiométrica

é a relação entre a massa de ar e massa de combustível que proporciona uma reação de combustão completa, ou seja, resulta unicamente dióxido de carbono (CO₂), vapor d'água (H₂O) e nitrogênio (N₂) como produtos da combustão.





O PROCESSO DE COMBUSTÃO

Razão de equivalência da mistura

É a relação entre a razão ar/combustível admitida pelo motor e a razão ar/combustível estequiométrica para o mesmo combustível.

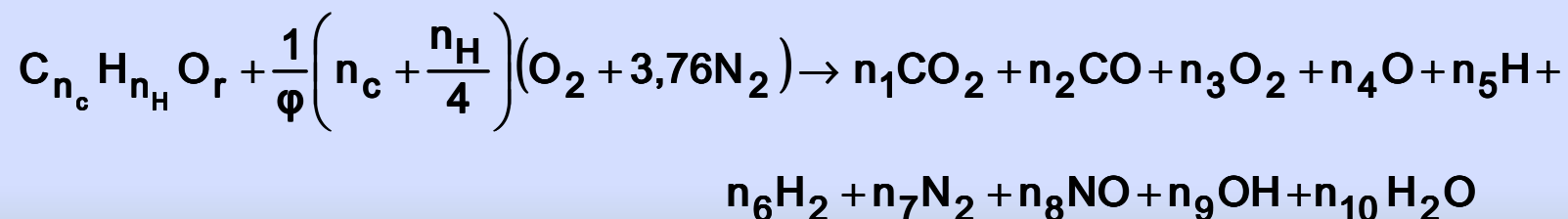
$$\lambda = \frac{(A/F)}{(A/F)_s}$$



O PROCESSO DE COMBUSTÃO

FORMAÇÃO E EMISSÕES DE POLUENTES

- Depende, fundamentalmente, da proporção entre o combustível e o ar que alimentam o motor, bem como, da integralidade da combustão.
- Os motores a combustão interna com ignição por compressão operam com uma razão combustível/ar extremamente pobre.
- A queima do combustível é quase completa – cerca de 98% de eficiência.
- A equação da combustão, considerados os dez elementos mais significativos em concentração:





O PROCESSO DE COMBUSTÃO

FORMAÇÃO E EMISSÕES DE POLUENTES

❑ Hidrocarbonetos Não Queimados (causas)

1. O combustível misturado entre o início da sua injeção e o início da combustão é mais pobre que o limite de mistura pobre adequado para o motor.
2. Mistura do combustível com o ar insuficiente, devido à baixa velocidade do combustível ao sair dos furos do bico injetor.

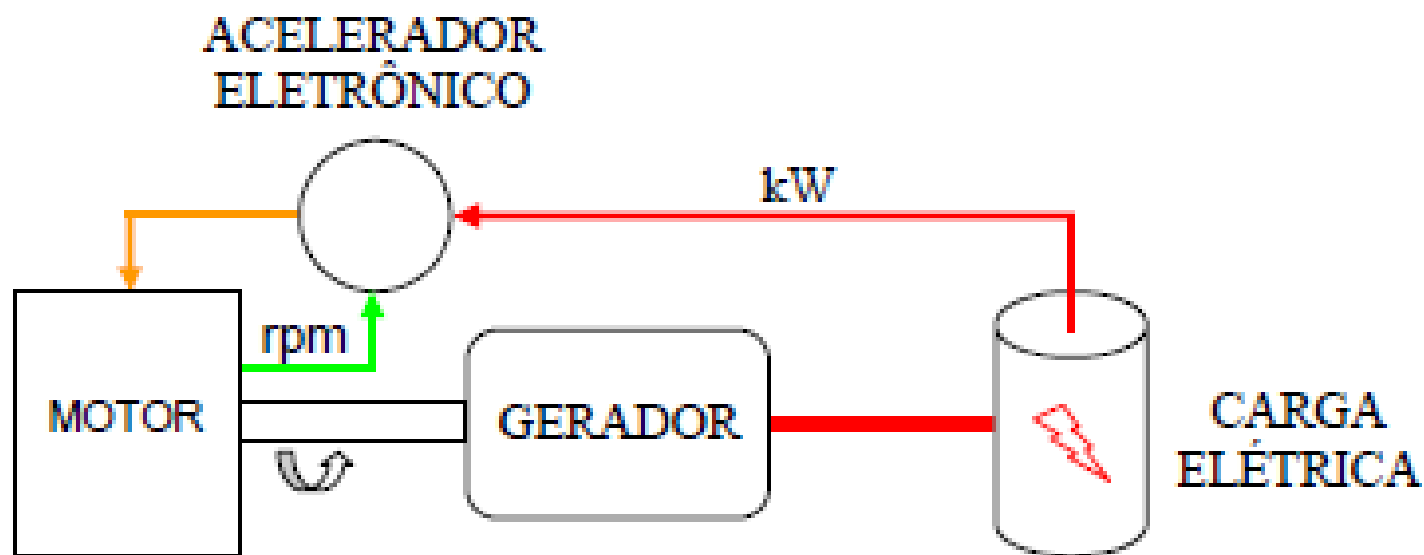
❑ Óxidos de Nitrogênio

1. A taxa de formação dos óxidos de nitrogênio depende da temperatura atingida pelos gases durante a combustão, normalmente acima de 1600°C , e do tempo de permanência dos gases à alta temperatura.
2. Nos motores de combustão interna com ignição por compressão o dióxido de nitrogênio pode atingir valores entre 10 e 30% do total de óxidos de nitrogênio presentes nos gases da exaustão.



CO-GERAÇÃO DE ENERGIA

GRUPO MOTOR DIESEL E GERADOR





CO-GERAÇÃO DE ENERGIA

GRUPO MOTOR DIESEL E GERADOR

Tabela 4.1: Dados do motor de combustão interna.

PARÂMETRO	TIPO OU VALOR
Tipo de construção	Diesel – 4 tempos em linha
Tipo de injeção	Direta
Diâmetro x curso	102 x 120 mm
Cilindrada unitária	0,980 litros
Número de cilindros	4
Cilindrada total	3,922 litros
Aspiração	Natural

Tabela 4.2: Dados do gerador.

PARÂMETRO	VALOR
Nº de Pólos	4
Tensão	220 volts
Nº de Fases	3
Potência Contínua (kVA)	55
Frequência (Hz)	60

$$n = \frac{120 f}{n_p}$$



CO-GERAÇÃO DE ENERGIA

GRUPO MOTOR DIESEL E GERADOR

Conversão Eletromecânica de Energia

O princípio da conservação de energia, juntamente com as leis de campos elétricos e magnéticos, de circuitos elétricos e a segunda lei de Newton, é um meio adequado para determinar as relações que caracterizam a conversão eletromecânica de energia (Fitzgerald, 1975).

$$\left[\frac{\textit{Entrada de Energia}}{\textit{Mecânica}} \right] = \left[\frac{\textit{Saída de Energia}}{\textit{Elétrica}} \right] + \left[\frac{\textit{Energia Armazenada}}{\textit{Campo Magnético}} \right] + \left[\frac{\textit{Energia Convertida}}{\textit{Calor}} \right]$$



CO-GERAÇÃO DE ENERGIA

GRUPO MOTOR DIESEL E GERADOR

Conversão Eletromecânica de Energia

Os geradores elétricos são máquinas rotativas constituídas de uma parte fixa – estator – e uma parte móvel – rotor. Um grupo de bobinas, denominado armadura, interligadas de modo que as tensões nelas induzidas contribuam positivamente para o resultado final, são enroladas em um núcleo de ferro visando minimizar as perdas de energia devido ao fluxo magnético. O circuito magnético é completado pelo ferro de outra parte da máquina onde se localizam as bobinas de excitação, também chamadas bobinas de campo

$$V(t) = V_{\max} \sin \omega t$$

$$f = \left(\frac{n_p}{2} \right) \left(\frac{n}{60} \right)$$



Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais

CO-GERAÇÃO DE ENERGIA

GRUPO MOTOR DIESEL E GERADOR

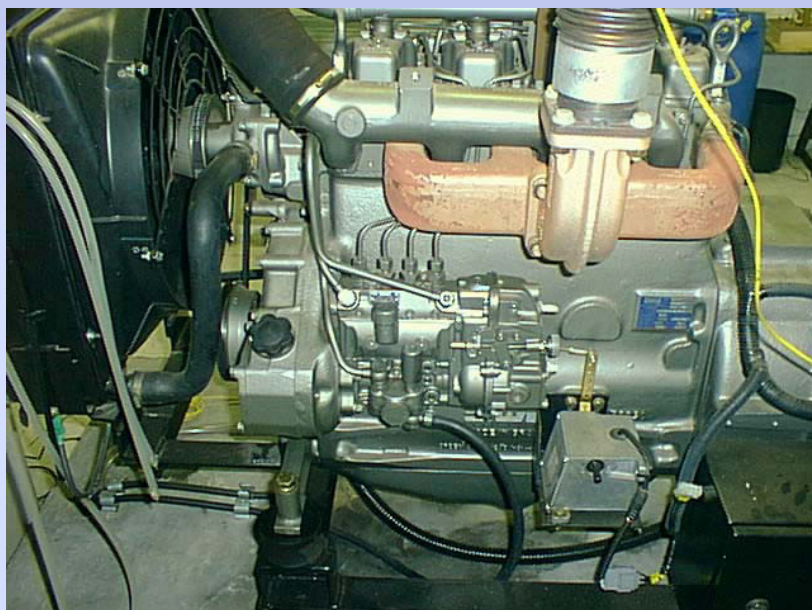




Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais

CO-GERAÇÃO DE ENERGIA

GRUPO MOTOR DIESEL E GERADOR





Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais

CO-GERAÇÃO DE ENERGIA

GRUPO MOTOR DIESEL E GERADOR



Julho
2013

PRH-37
UFRJ

Professor
Osmano Valente



CO-GERAÇÃO DE ENERGIA

GRUPO MOTOR DIESEL E GERADOR

SIGLA	COMPOSIÇÃO
B0	Óleo diesel mineral puro
B5M	Mistura de 5% de biodiesel de mamona e 95% de óleo diesel mineral
B5S	Mistura de 5% de biodiesel de soja e 95% de óleo diesel mineral
B20M	Mistura de 20% de biodiesel de mamona e 80% de óleo diesel mineral
B20S	Mistura de 20% de biodiesel de soja e 80% de óleo diesel mineral
B35M	Mistura de 35% de biodiesel de mamona e 65% de óleo diesel mineral
B35S	Mistura de 35% de biodiesel de soja e 65% de óleo diesel mineral
B50S	Mistura de 50% de biodiesel de soja e 50% de óleo diesel mineral
B85S	Mistura de 85% de biodiesel de soja e 15% de óleo diesel mineral



CO-GERAÇÃO DE ENERGIA

GRUPO MOTOR DIESEL E GERADOR

CARGA ELÉTRICA (kW)	TEMPO DE TESTE (min)
0	30
10	20
20	15
30	10
37,5	5



CO-GERAÇÃO DE ENERGIA

GRUPO MOTOR DIESEL E GERADOR

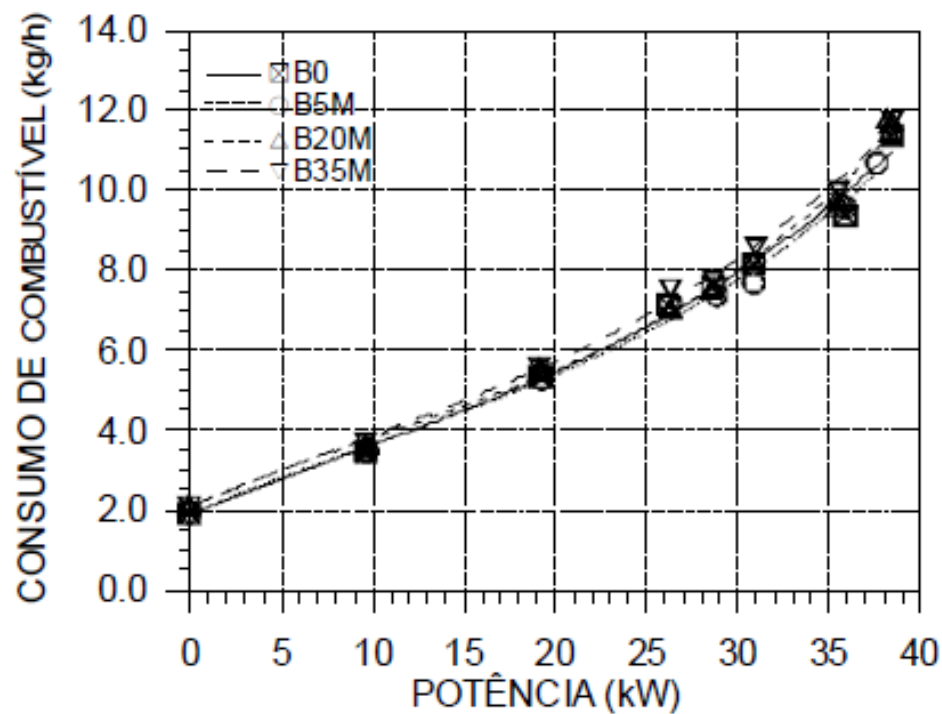


Figura 5.7: Variação da massa de combustível consumida com a carga aplicada ao motor operando com biodiesel de mamona.



CO-GERAÇÃO DE ENERGIA

GRUPO MOTOR DIESEL E GERADOR

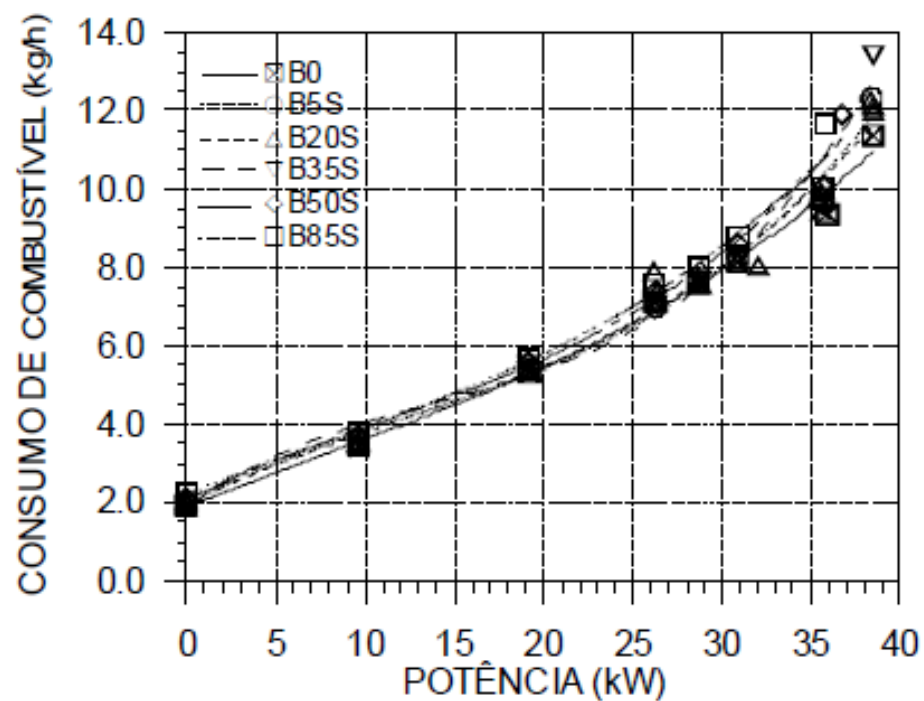


Figura 5.8: Variação da massa de combustível consumida com a carga aplicada ao motor operando com biodiesel de soja.



CO-GERAÇÃO DE ENERGIA

GRUPO MOTOR DIESEL E GERADOR

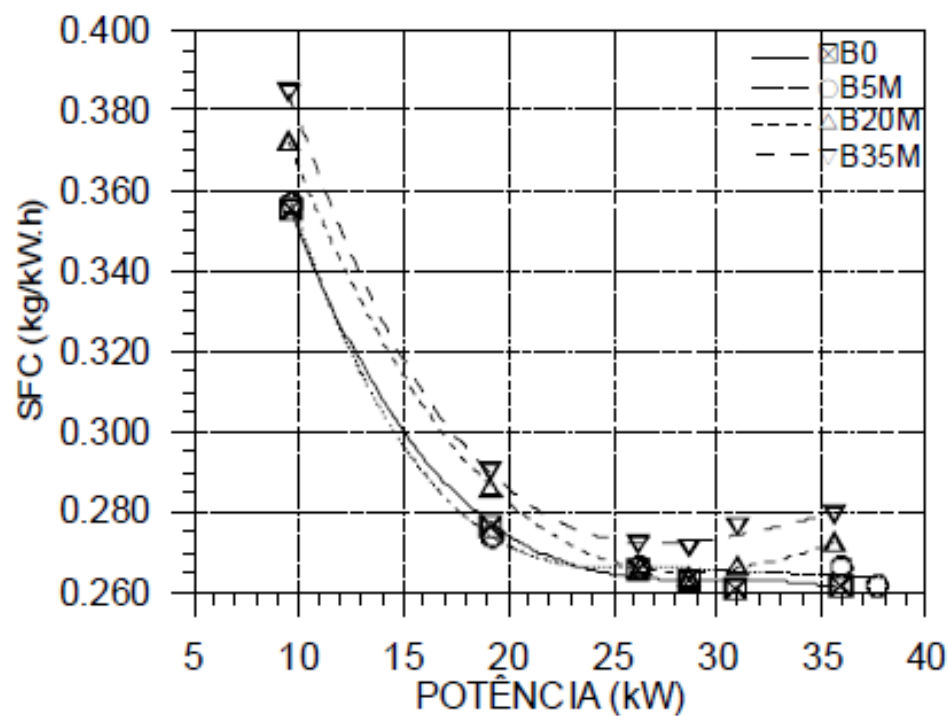


Figura 5.11: Variação do consumo específico de combustível com a carga aplicada ao motor operando com biodiesel de mamona.



CO-GERAÇÃO DE ENERGIA

GRUPO MOTOR DIESEL E GERADOR

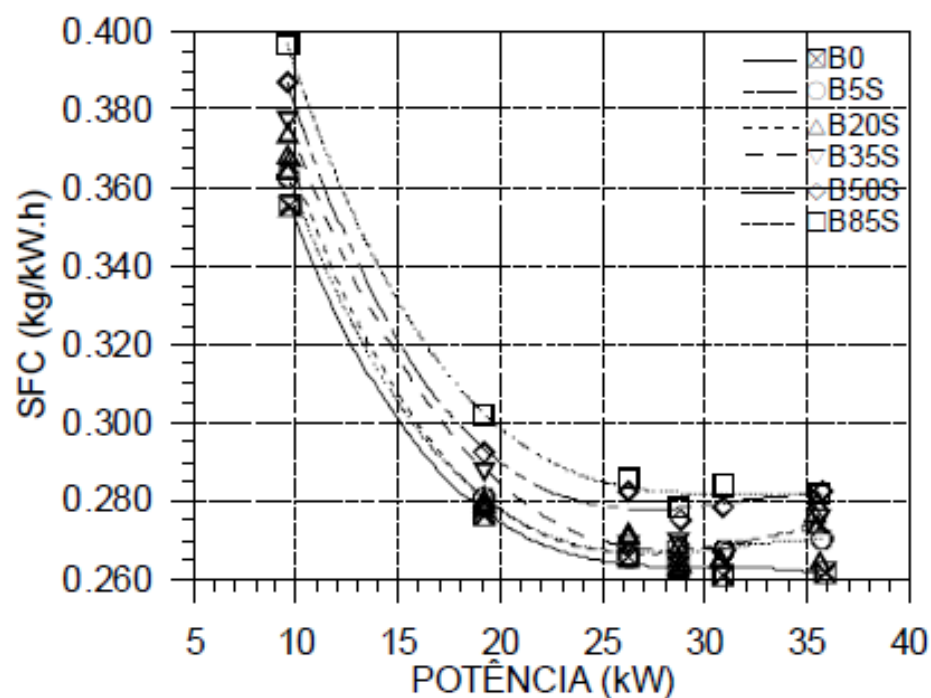


Figura 5.12: Variação do consumo específico de combustível com a carga aplicada ao motor operando com biodiesel de soja.



CO-GERAÇÃO DE ENERGIA

GRUPO MOTOR DIESEL E GERADOR

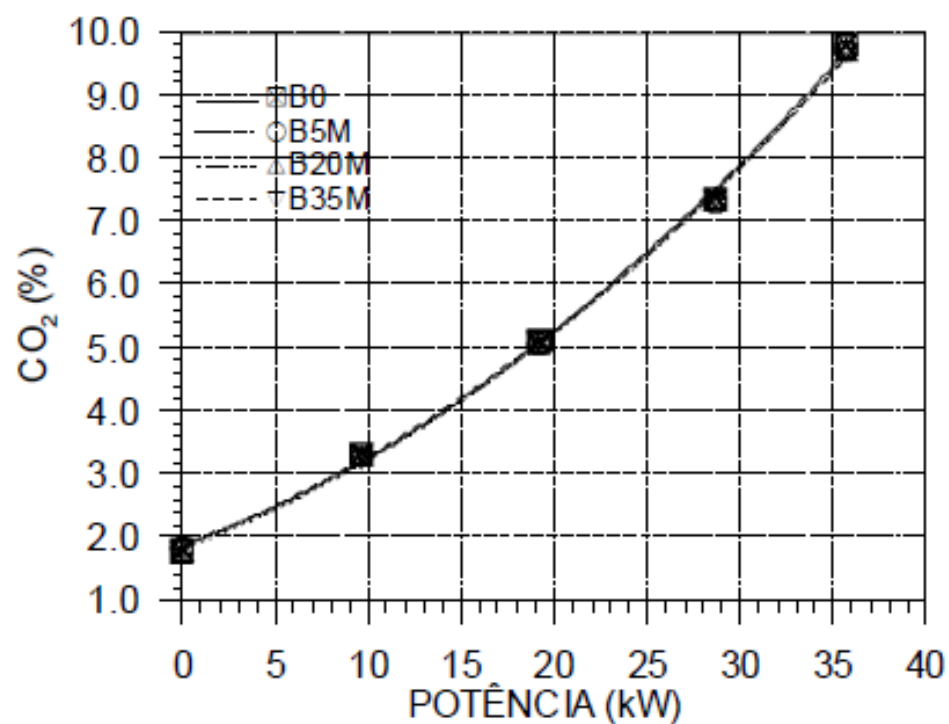


Figura 5.13: Variação da concentração de dióxido de carbono na exaustão com a carga aplicada ao motor operando com biodiesel de mamona.



CO-GERAÇÃO DE ENERGIA

GRUPO MOTOR DIESEL E GERADOR

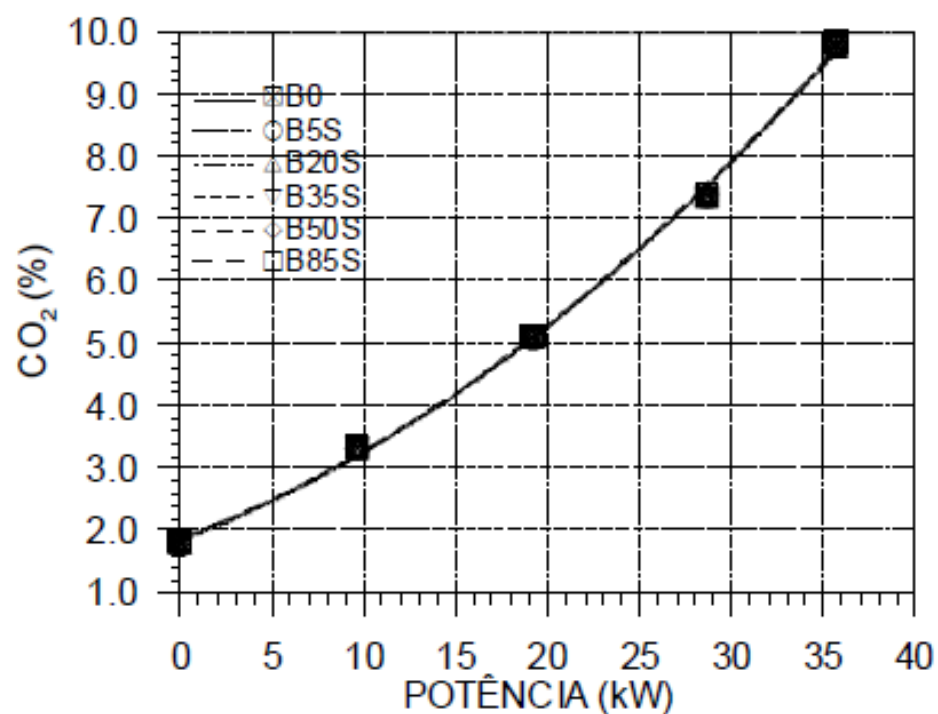


Figura 5.14: Variação da concentração de dióxido de carbono na exaustão com a carga aplicada ao motor operando com biodiesel de soja.



CO-GERAÇÃO DE ENERGIA

GRUPO MOTOR DIESEL E GERADOR

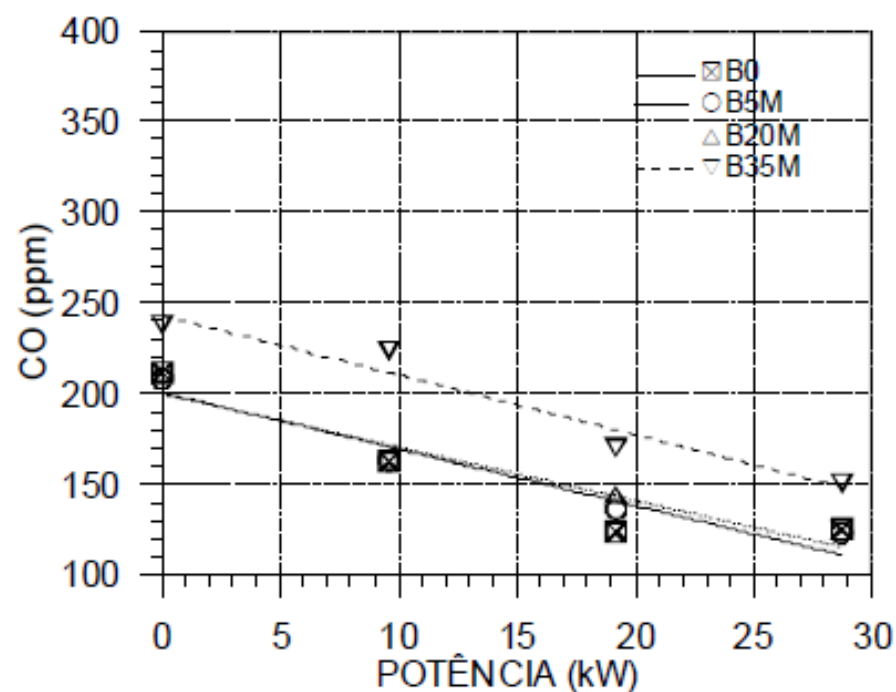


Figura 5.15: Variação da concentração de monóxido de carbono na exaustão com a carga aplicada ao motor operando com biodiesel de mamona.



CO-GERAÇÃO DE ENERGIA

GRUPO MOTOR DIESEL E GERADOR

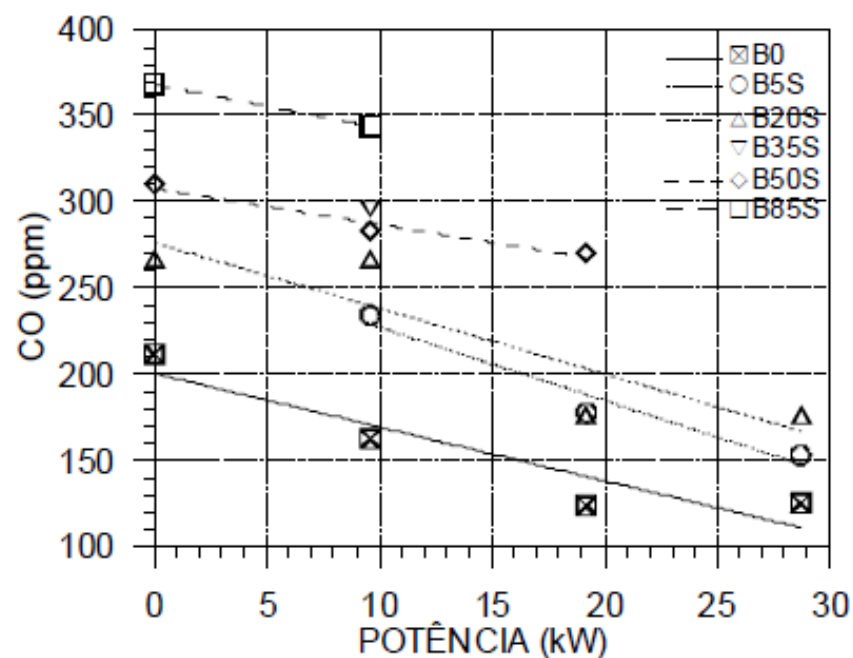


Figura 5.16: Variação da concentração de monóxido de carbono na exaustão com a carga aplicada ao motor operando com biodiesel de soja.



CO-GERAÇÃO DE ENERGIA

GRUPO MOTOR DIESEL E GERADOR

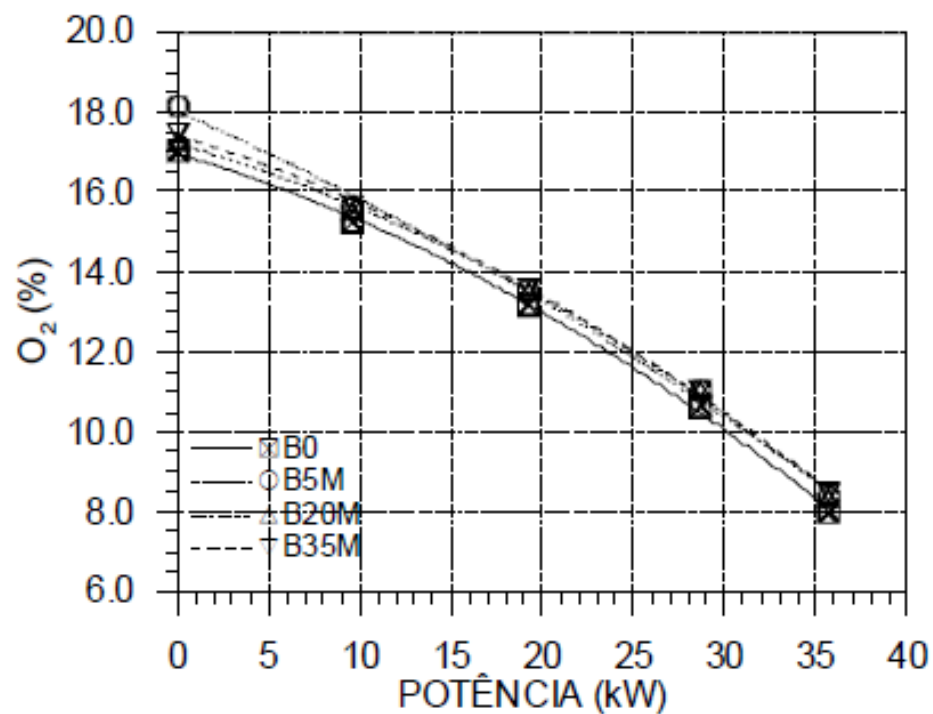


Figura 5.17: Variação da concentração de oxigênio na exaustão com a carga aplicada ao motor operando com biodiesel de mamona.



CO-GERAÇÃO DE ENERGIA

GRUPO MOTOR DIESEL E GERADOR

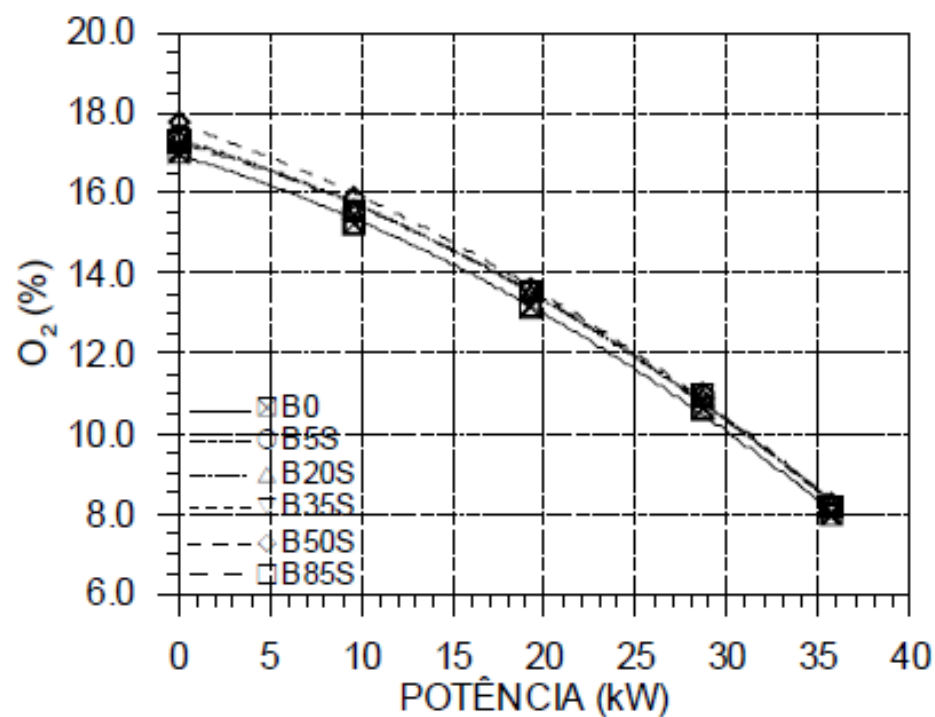


Figura 5.18: Variação da concentração de oxigênio na exaustão com a carga aplicada ao motor operando com biodiesel de soja.



CO-GERAÇÃO DE ENERGIA

GRUPO MOTOR DIESEL E GERADOR

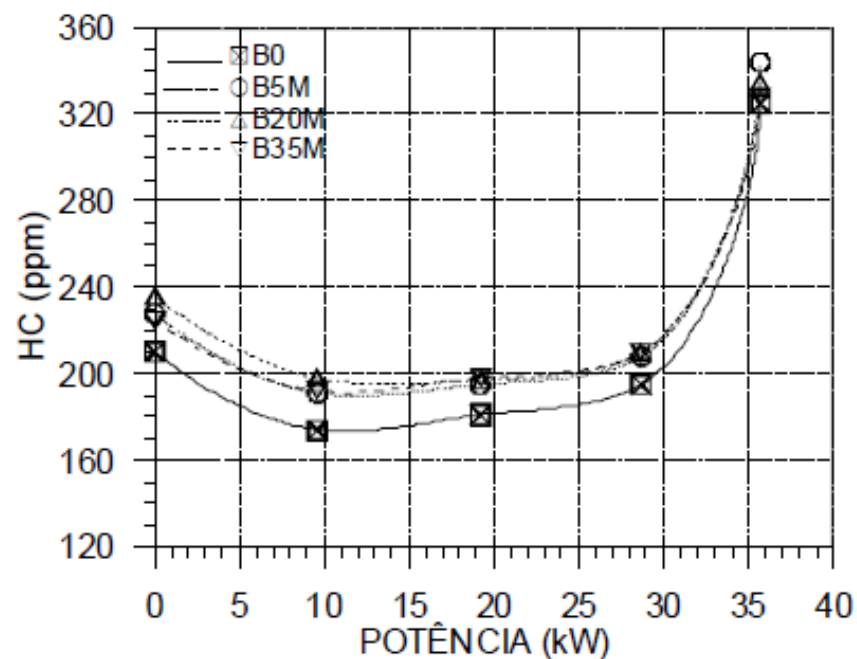


Figura 5.19: Variação da concentração de hidrocarbonetos totais na exaustão com a carga aplicada ao motor operando com biodiesel de mamona.



CO-GERAÇÃO DE ENERGIA

GRUPO MOTOR DIESEL E GERADOR

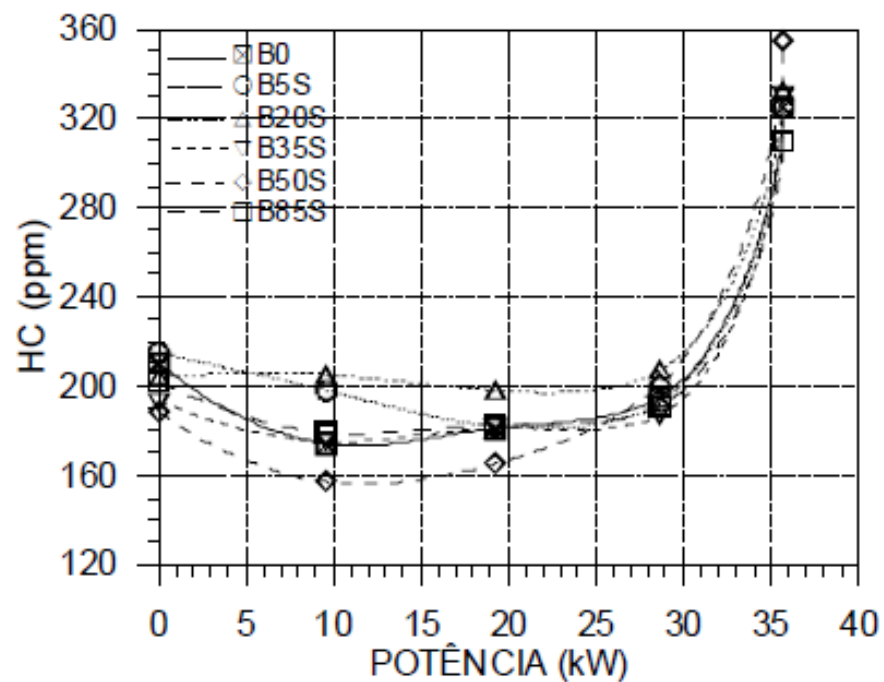


Figura 5.20: Variação da concentração de hidrocarbonetos totais na exaustão com a carga aplicada ao motor operando com biodiesel de soja.



CO-GERAÇÃO DE ENERGIA

GRUPO MOTOR DIESEL E GERADOR

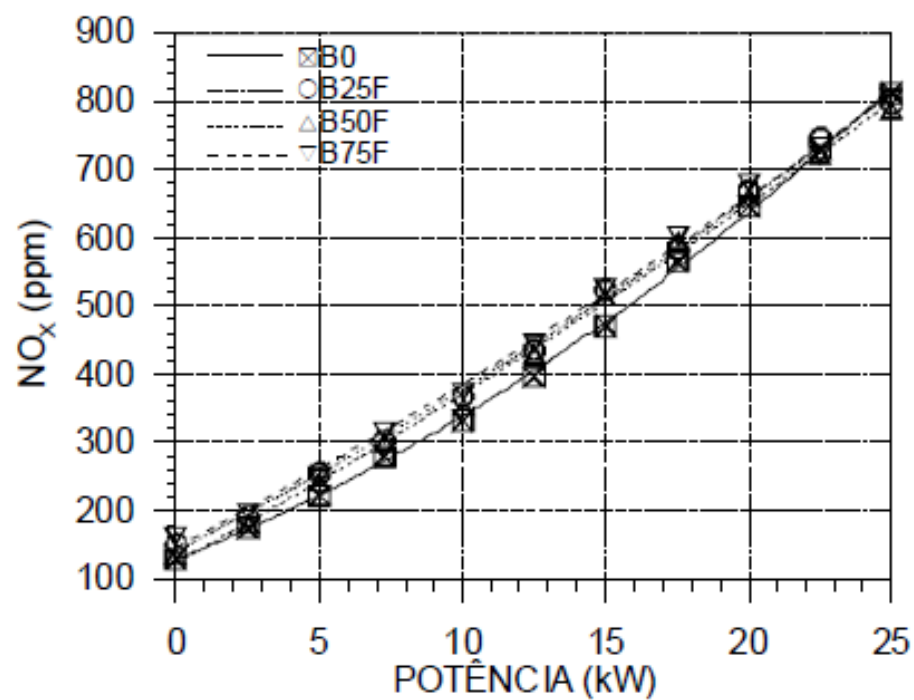


Figura 5.21: Variação da concentração de óxidos de nitrogênio na exaustão com a carga aplicada ao motor operando com biodiesel de óleo de fritura.



CO-GERAÇÃO DE ENERGIA

GRUPO MOTOR DIESEL E GERADOR

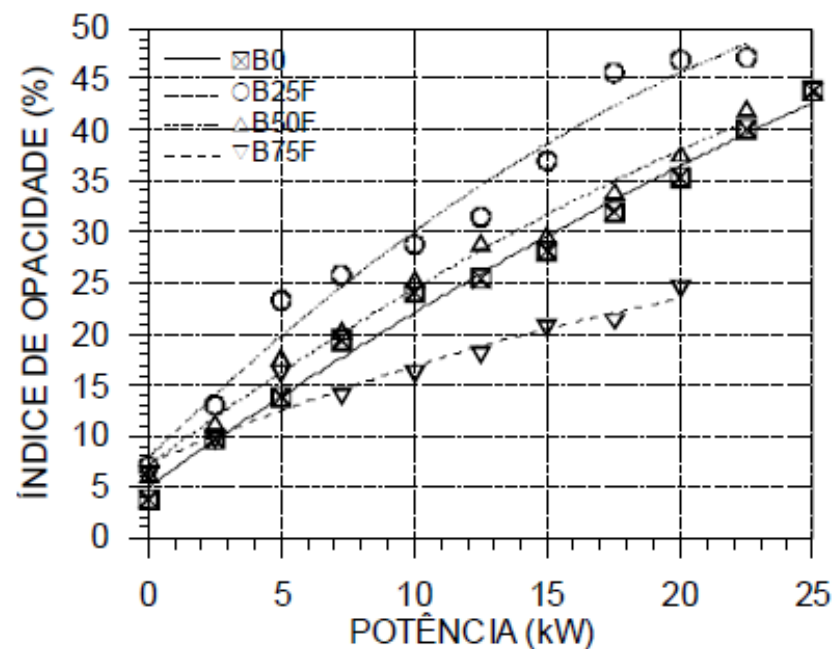
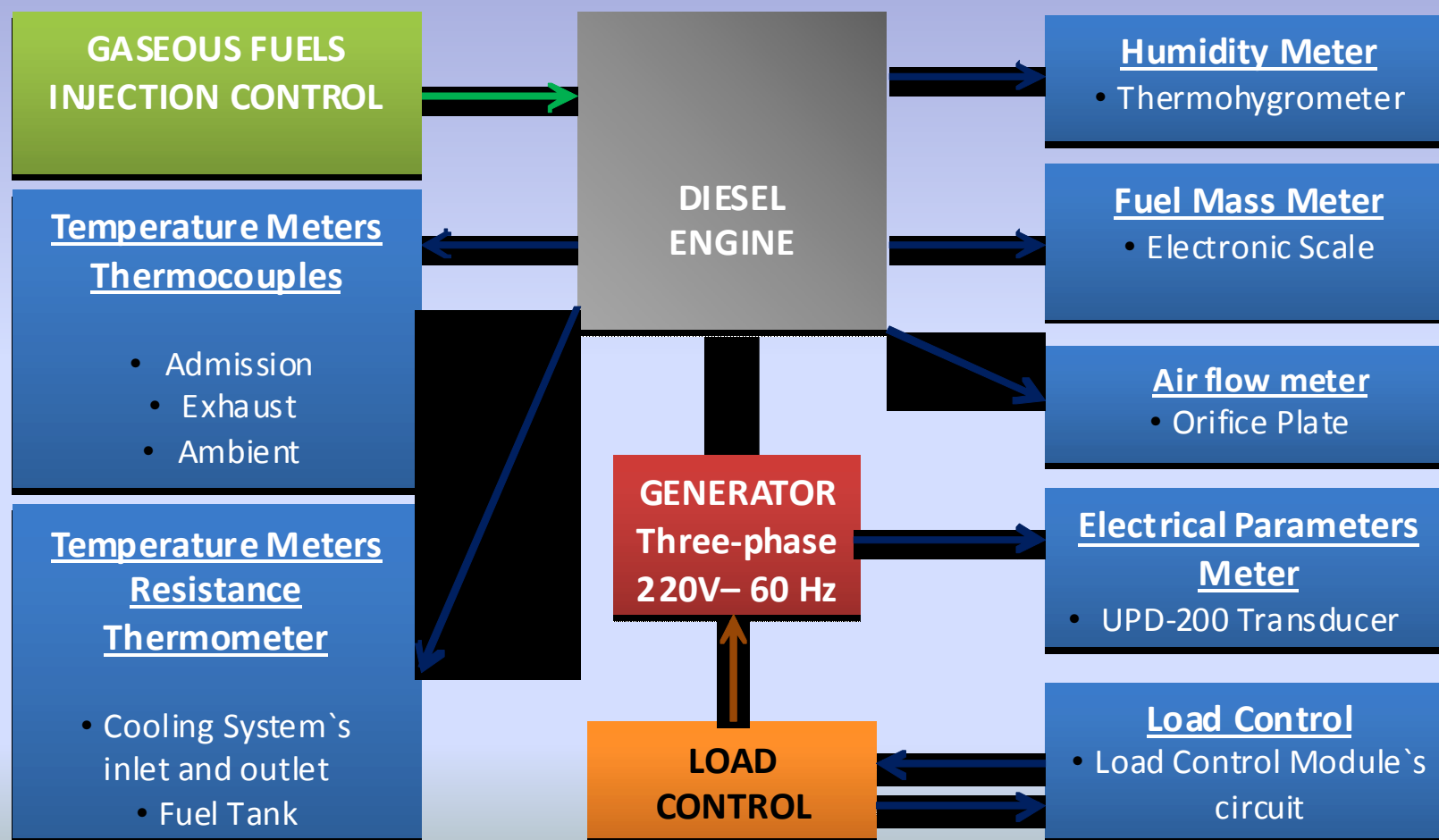


Figura 5.22: Variação da opacidade do gás de exaustão com a carga aplicada ao motor operando com biodiesel de óleo de fritura.



CO-GERAÇÃO DE ENERGIA

GRUPO MOTOR DIESEL E GERADOR





CO-GERAÇÃO DE ENERGIA

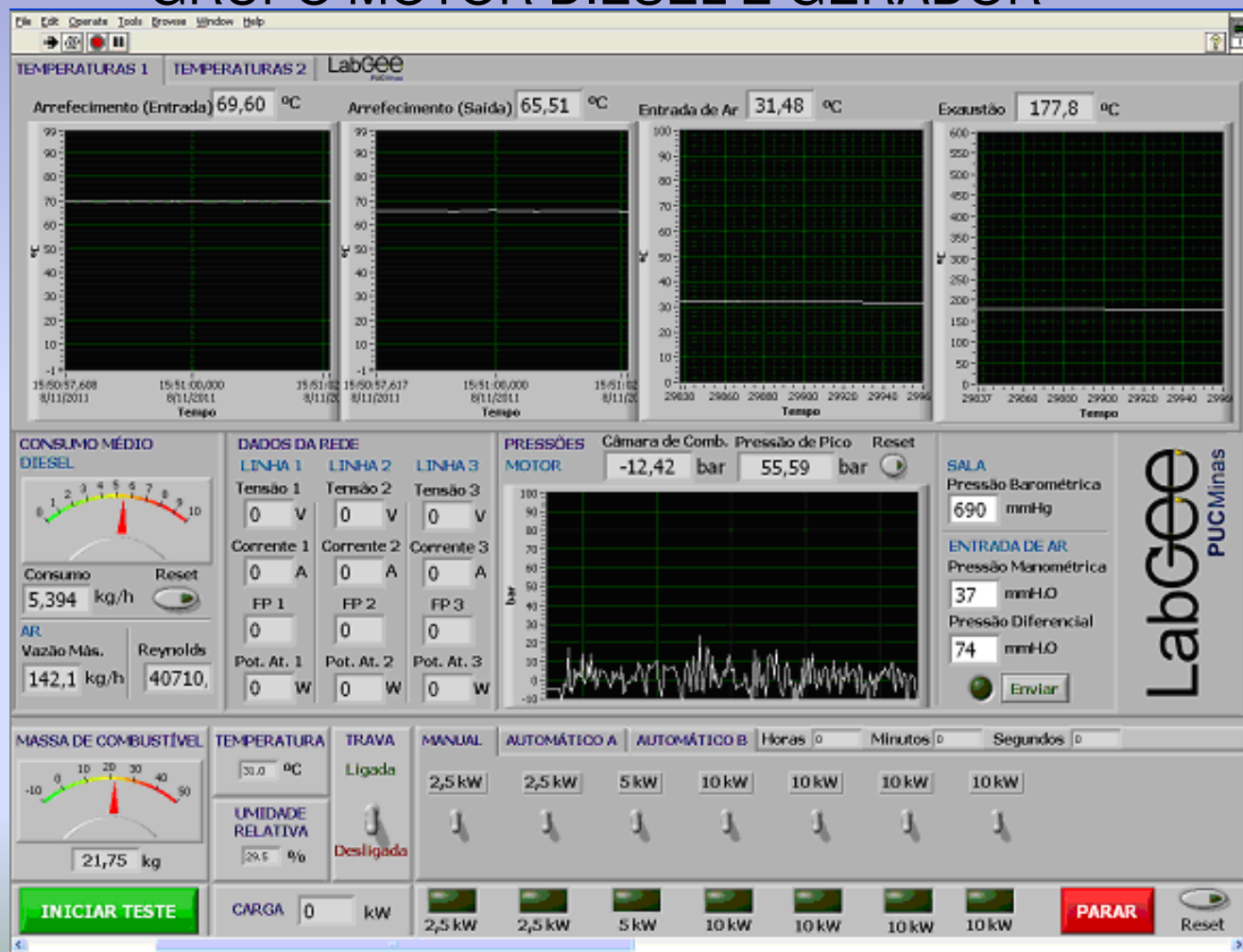
GRUPO MOTOR DIESEL E GERADOR

MANUAL		AUTOMÁTICO A		AUTOMÁTICO B		Horas 0		Minutos 0		Segundos 4	
Intervalos	Cargas	2,5 KW ▾	15 KW ▾	22,5 KW ▾	25 KW ▾	30 KW ▾	0 KW ▾	0 KW ▾	0 KW ▾	0 KW ▾	
	Tempo (min)	4	2	3	6	10	0	0	0	0	
	Cargas	0 KW ▾	0 KW ▾	0 KW ▾	0 KW ▾	0 KW ▾	0 KW ▾	0 KW ▾	0 KW ▾		
	Tempo (min)	0	0	0	0	0	0	0	0		
5											
								PARAR			
2,5 kW	2,5 kW	5 kW	10 kW	10 kW	10 kW	10 kW			Reset		



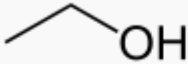
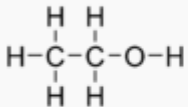
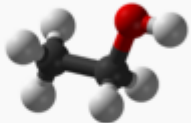
CO-GERAÇÃO DE ENERGIA

GRUPO MOTOR DIESEL E GERADOR





ETANOL

Etanol	
<i>Alerta sobre risco à saúde</i>	
	
	
Nome IUPAC	Etanol
Outros nomes	Álcool etílico, álcool de cereais, espírito do vinho
Identificadores	
Número CAS	64-17-5 ↗
PubChem	702 ↗
ChemSpider	682 ↗
Número RTECS	KQ6300000

Propriedades	
Fórmula química	C ₂ H ₆ O
Massa molar	46.06 g mol ⁻¹
Aparência	líquido sem cor
Densidade	0,789 g cm ⁻³
Ponto de fusão	-114.3 °C, 159 K, -174 °F
Ponto de ebulição	78.4 °C, 352 K, 173 °F
Solubilidade em água	miscível
Acidez (pK _a)	15,9
Índice de refração (n _D)	1,36 (25 °C)
Viscosidade	1,200 cP (20 °C)
Momento dipolar	1,69 D (gas)



MASSA MOLAR

DIESEL – 230,09 g/mol

MAMONA – 292,85 g/mol

ETANOL – 46,06 g/mol

SOJA – 268,67 g/mol



MASSA ESPECÍFICA (kg/m^3 a 20°C)

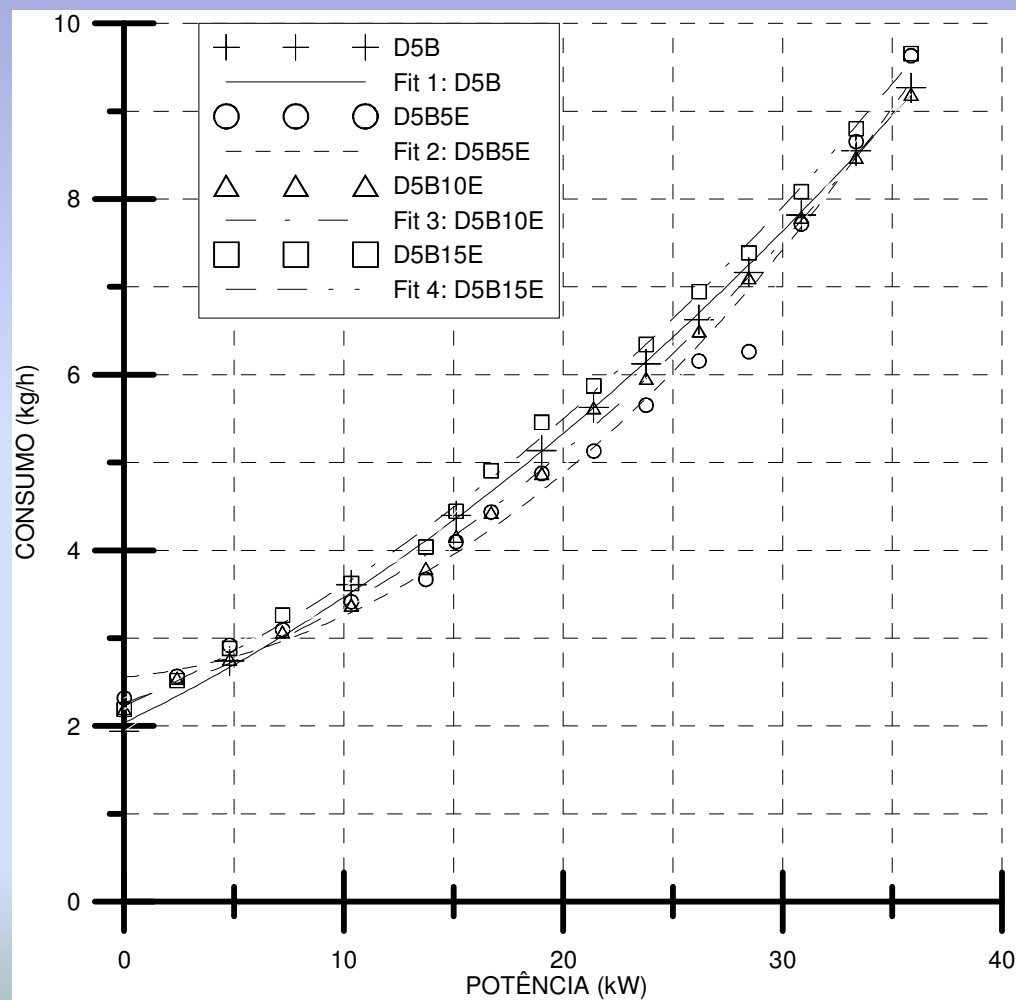
DIESEL (S50) – 850,0 a 860,0
DIESEL (S500) – 820,0 a 872,0

BIODIESEL – 850 a 900

EAC – 751,5 máx.
EHC – 807,6 a 811,0

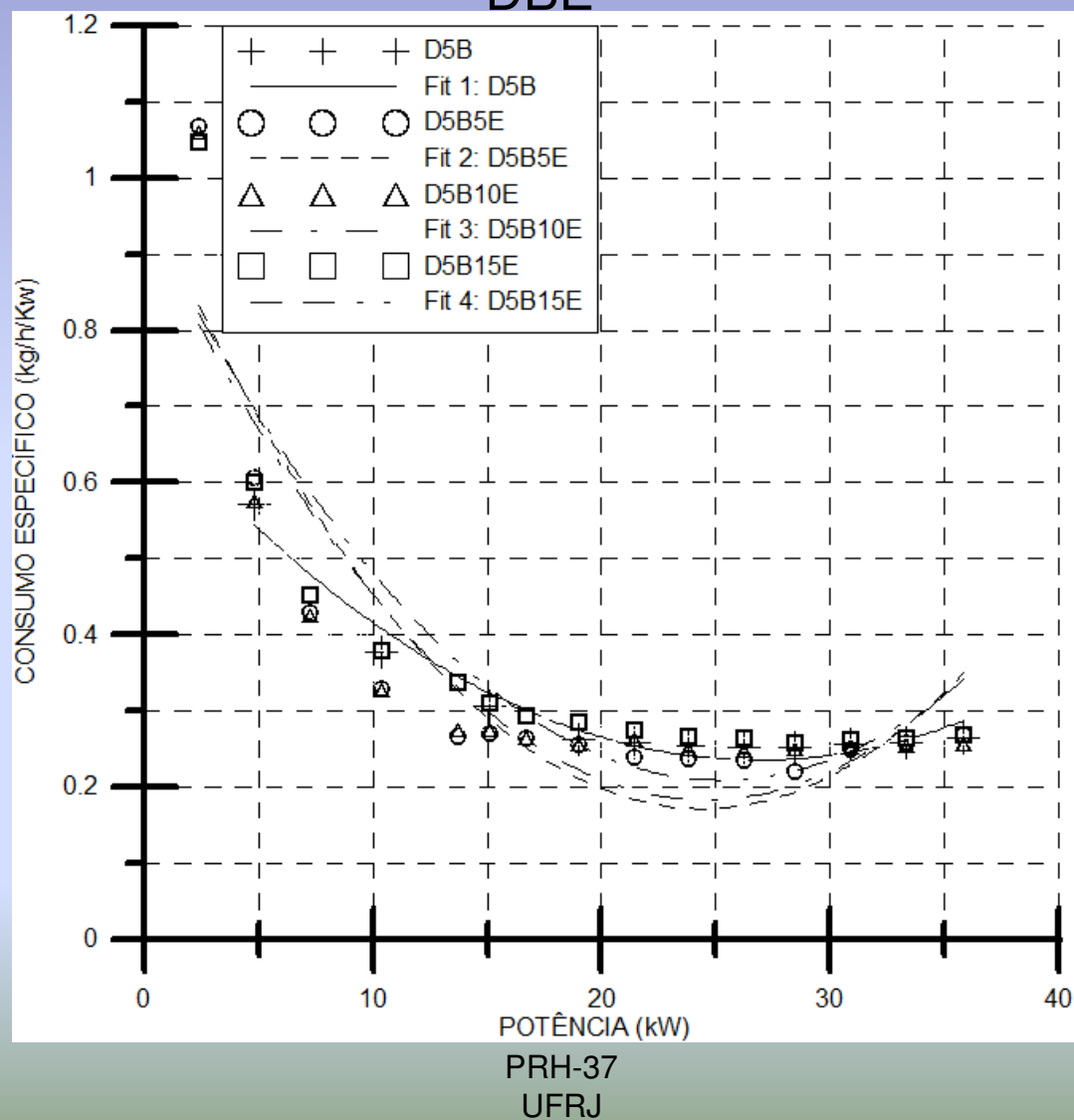


GRUPO MOTOR DIESEL E GERADOR DBE



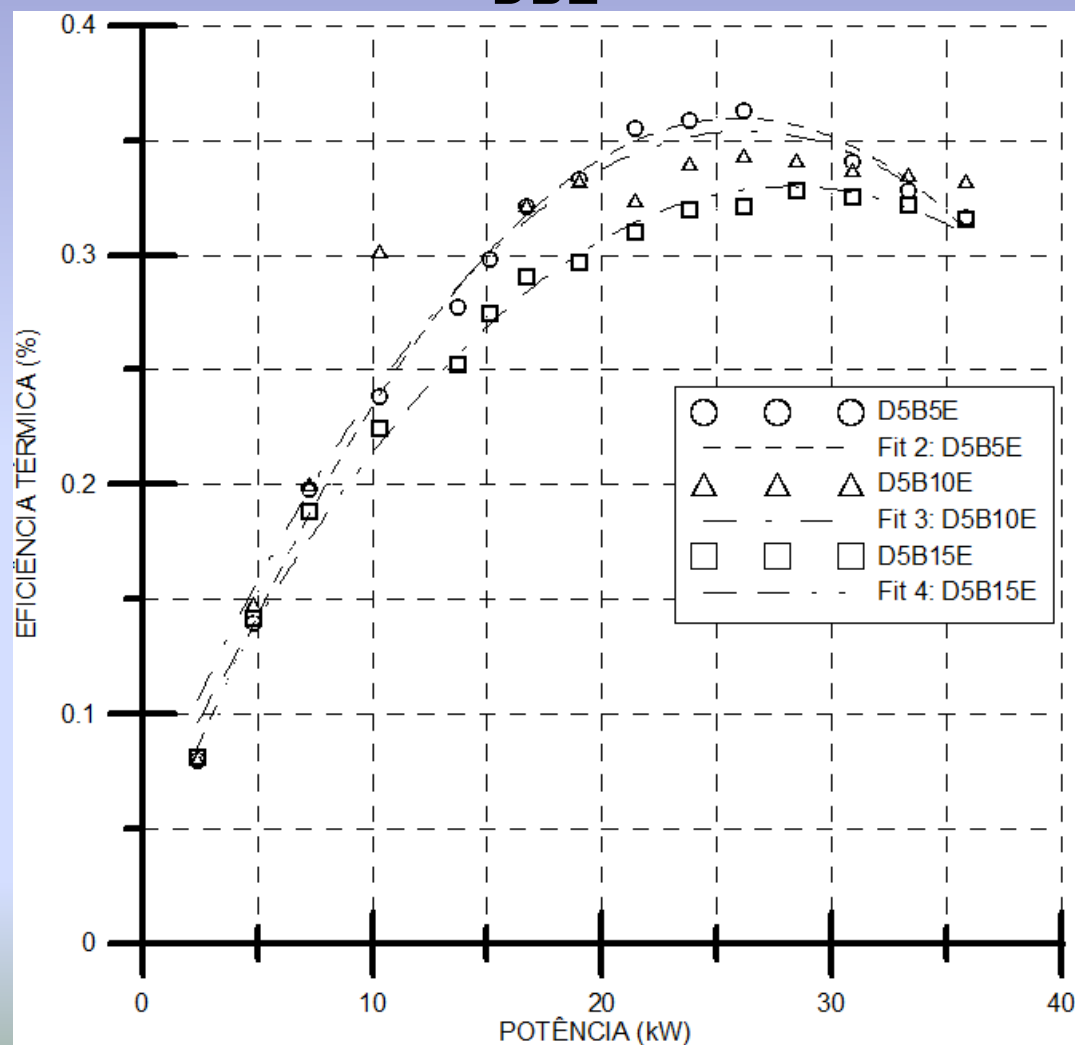


GRUPO MOTOR DIESEL E GERADOR DBE



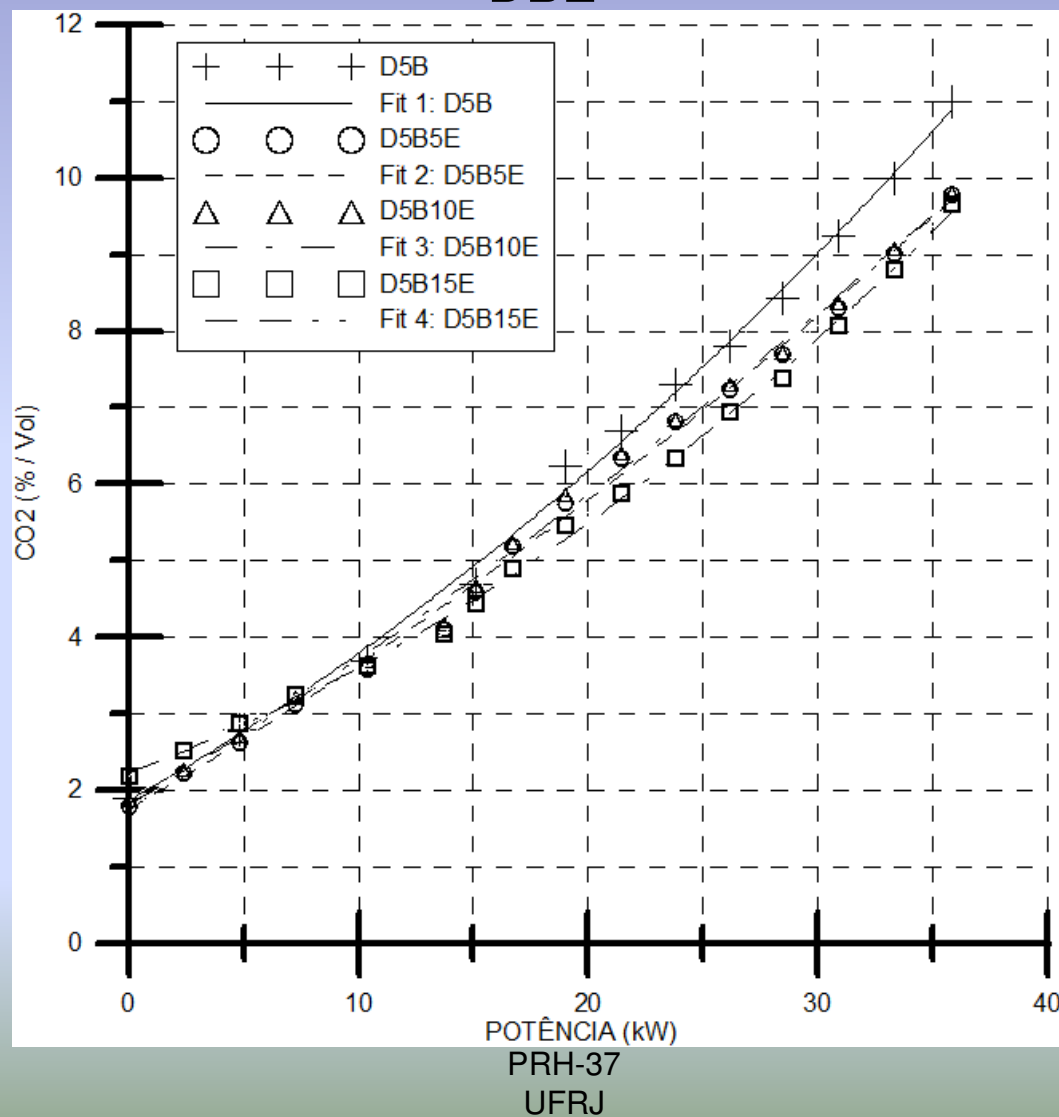


GRUPO MOTOR DIESEL E GERADOR DBE





GRUPO MOTOR DIESEL E GERADOR DBE





Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais

OBRIGADO

osmano.valente@gmail.com