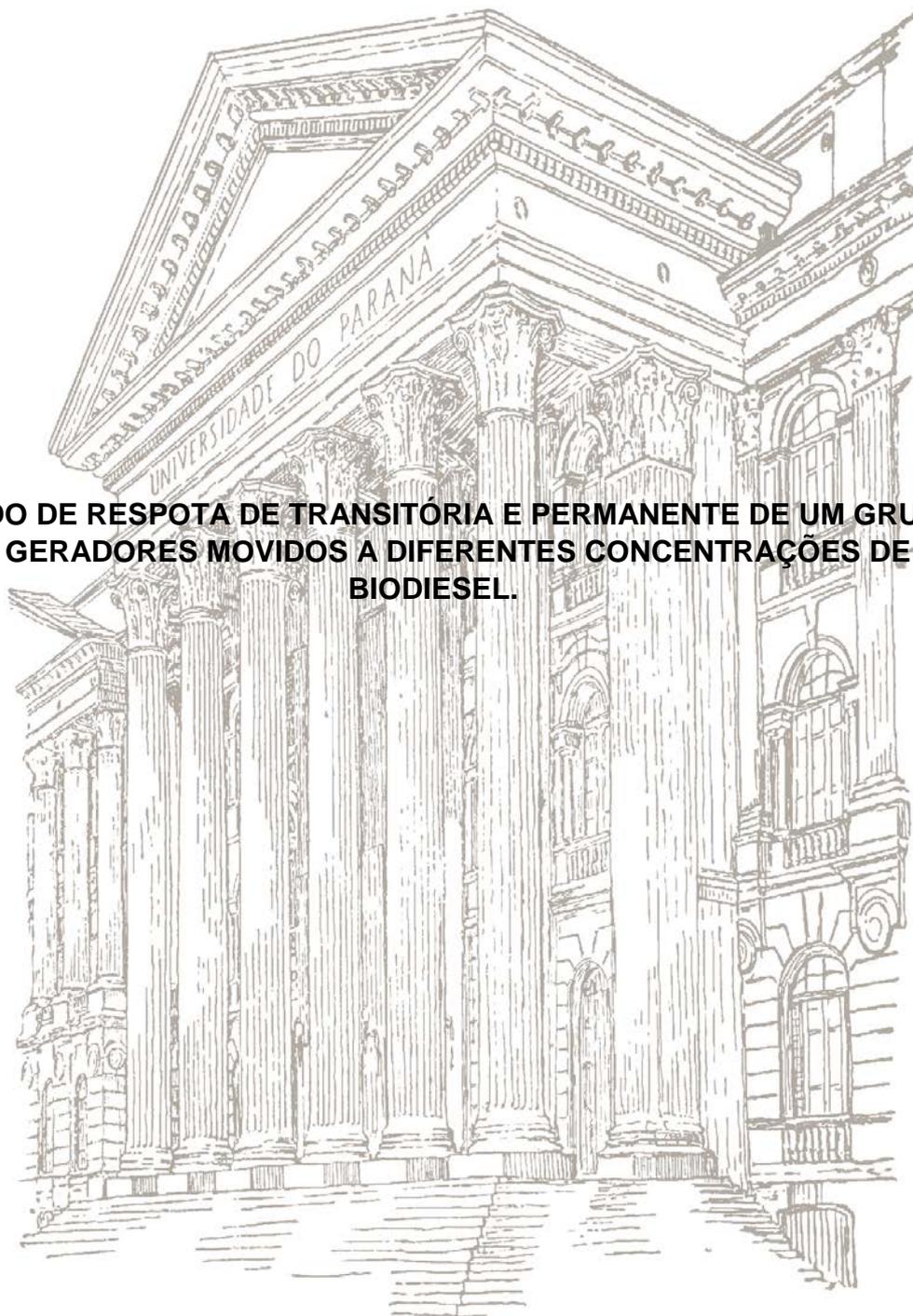


UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

WAGNER CESAR DA SILVA JUNIOR

**ESTUDO DE RESPOSTA DE TRANSITÓRIA E PERMANENTE DE UM GRUPO
DE GERADORES MOVIDOS A DIFERENTES CONCENTRAÇÕES DE
BODIESEL.**



CURITIBA

2018

WAGNER CESAR DA SILVA JUNIOR

**ESTUDO DE RESPOSTA DE TRANSITÓRIA E PERMANENTE DE UM GRUPO
DE GERADORES MOVIDOS A DIFERENTES CONCENTRAÇÕES DE
BODIESEL.**

Monografia apresentada como trabalho de conclusão de curso apresentado como requisito de obtenção de grau de bacharel em Engenharia Elétrica, com ênfase em Eletrotécnica, Setor de Tecnologia da Universidade Federal do Paraná.

Orientador: Prof. André B. Mariano

CURITIBA

2018

TERMO DE APROVAÇÃO

WAGNER CESAR DA SILVA JUNIOR

ESTUDO DE RESPOSTA TRANSITORIA E PERMANENTE DE UM GRUPO DE GERADORES MOVIDOS A DIFERENTES CONCENTRAÇÕES DE BIODIESEL.

Trabalho de conclusão de curso aprovado como requisito parcial para obtenção do grau de Engenheiro Eletricista no Curso de Engenharia Elétrica, Setor de Tecnologia da Universidade Federal do Paraná, pela seguinte banca examinadora:

Orientador: Prof. Dr. André Bellin Mariano
Departamento de Engenharia Elétrica – UFPR

Prof. Dr. Roman Kuiava
Departamento de Engenharia Elétrica – UFPR

Prof. Luiz Antônio Beninaso
Departamento de Engenharia Elétrica – UFPR

Curitiba, 18 de junho de 2018

Dedico este trabalho aos meus amigos do Núcleo de Pesquisa e Desenvolvimento de Energias Renováveis Autossustentáveis (NPDEAS), que me apoiaram na realização deste trabalho.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente ao meus pais Wagner e Laudiceia que sempre me apoiaram no decorrer do curso de graduação de Engenharia Elétrica.

Ao meu orientador Dr. André Bellin Mariano por ter me guiado com sabedoria e paciência durante o desenvolvimento do meu trabalho.

Agradeço também a toda a equipe do NPDEAS que direta ou indiretamente colaborou para o desenvolvimento do meu trabalho, em especial aos senhores Benalle, Manuel, Edson, Mauro, Pedro e Vinicius, que estiveram presente e auxiliaram no desenvolvimento dos experimentos.

A empresa POTENCIAL pela doação do biodiesel utilizado neste trabalho e aos funcionários do posto Dois Irmãos que mesmo não podendo se dispuseram a me vender o diesel para a misturas de combustíveis.

RESUMO

Considerando as políticas de incentivo da utilização do biodiesel no diesel, a partir do ano de 2005, observa-se um aumento gradual da porcentagem deste no diesel comercial. Atualmente, este percentual atinge 10%, com perspectiva de aumento para os próximos anos. Neste contexto, o objetivo do presente trabalho que encontra-se em fase de desenvolvimento, apenas com resultados iniciais, é analisar e comparar os resultados obtidos em regime transitório e permanente com diferentes concentrações de biodiesel, utilizado como combustível num gerador modelo da MWM 229, de 4 cilindros, com potência do motor de 55KVA e fator de potência de 0,8, totalizando 44KW de potência ativa. Desta maneira, a carga é composta de 6 resistências de chuveiro convencional de 5.500W cada, com total de 33.000W de potência. Para acionamento da carga, foi projetado e construído um quadro de comando em alumínio. O volume de biodiesel utilizado neste trabalho foi de 60 litros sendo doado pela empresa Potencial Biodiesel, localizada na cidade Lapa – PR. Para os testes utilizou-se o diesel comercial (B10), biodiesel puro (B100) e misturas de B20 e B50. Como resultado obteve-se as medidas de tensão, tensão e corrente de pico, corrente e potência, no regime transitório e permanente do gerador. E por último, utilizou-se um termômetro de infravermelho para verificar a temperatura da carcaça do motor para as diferentes misturas de combustível. Os resultados dos experimentos demonstram que independente do combustível, os parâmetros elétricos para regime permanente não se modificam, pois com o acréscimo da concentração do biodiesel no diesel, espera-se que as máquinas instaladas nos estabelecimentos não sofram danos e nem alteração do rendimento, não necessitando de nenhuma adaptação. Já em os resultados dos experimentos demonstram que com o aumento da concentração do biodiesel no diesel, os parâmetros elétricos mostraram uma pequena variação, com os valores de tensão de pico tendo uma variação mais significativa do que os outros parâmetros, um valor de 4 V de diferença para cada fase analisada foi anotado, com o gerador funcionando com carga total, já em funcionamento sem carga essa diferença chegou a 20V. Outro resultado analisado, que obteve uma diferença significativa em seus valores analisados, foi a temperatura, chegando a uma diferença de até 40°C em relação ao combustível B10 e o B100.

Palavras-Chave: Biodiesel. Diesel. Gerador. Regime Transitório. Regime Permanente. Temperatura.

ABSTRACT

Considering the policies to encourage the use of biodiesel in diesel, as of 2005, there is a gradual increase in the percentage of this in commercial diesel. Currently, this percentage reaches 10%, with prospect of increase for the coming years. In this context, the objective of this work, which is only being developed with initial results, is to analyze and compare the results obtained in a transient and permanent regime with different concentrations of biodiesel used as fuel in a model generator of MWM 229, of 4 cylinders, with motor power of 55KVA and power factor of 0.8, totaling 44KW of active power. In this way, the load is composed of 6 conventional shower resistors of 5,500W each, with a total of 33,000W of power. In order to drive the load, an aluminum control panel was designed and built. The volume of biodiesel used in this work was 60 liters and was donated by Potencial Biodiesel, located in Lapa - PR city. For the tests commercial diesel (B10), pure biodiesel (B100) and mixtures of B20 and B50 were used. As a result, the voltage, current and current, voltage and current measurements were obtained in the transient and permanent generator conditions. And finally, an infrared thermometer was used to check the temperature of the engine housing for the different fuel mixtures. The results of the experiments demonstrate that, regardless of the fuel, the electrical parameters for permanent regime do not change, because with the increase of the concentration of biodiesel in the diesel, it is expected that the machines installed in the establishments will not suffer damages or alteration of the performance, necessitating no adaptation. In the results of the experiments, it was shown that with the increase of biodiesel concentration in diesel, the electrical parameters showed a small variation, with the values of peak voltage having a more significant variation than the other parameters, a value of 4 V of difference for each analyzed phase was noted, with the generator running at full load, already in operation without load that difference reached 20V. Another analyzed result, which obtained a significant difference in its analyzed values, was the temperature, reaching a difference of up to 40 ° C in relation to fuel B10 and B100.

Keywords: Biodiesel. Diesel. Generator. Transitional Regime. Permanent regime. Temperature.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURA 1 – GRÁFICO DE NUMEROS DE CONEXÕES DE GD.....	16
FIGURA 2 – AVANÇO DO BIODIESEL NO BRASIL.....	17
FIGURA 3 – PROCESSO DE FABRICAÇÃO DO BIODIESEL NO NPDEAS	18
FIGURA 4 – CILINDRO ADMIÇÃO.....	20
FIGURA 5 – CINLINDRO INJETOR.....	21
FIGURA 6 – CILINDRO COMBUSTÃO	22
FIGURA 7 – CILINDRO EXAUSTÃO	23
FIGURA 8 – PARTES DE UM MOTOR A DIESEL.....	24
FIGURA 9 – PARTES DE UM MOTOR A DIESEL, CABEÇOTE	24
FIGURA 10 – PARTES DE UM MOTOR A DIESEL, VALVULAS.....	25
FIGURA 11 – PARTES DE UM MOTOR A DIESEL, COMANDO DE VÁLVULA	26
FIGURA 12 – PARTES DE UM MOTOR A DIESEL, BLOCO DO MOTOR.....	26
FIGURA 13 – PARTES DE UM MOTOR A DIESEL, CILINDRO.....	27
FIGURA 14 – PARTES DE UM MOTOR A DIESEL, PISTÃO.....	27
FIGURA 15 – ESTATOR E ROTOR.....	28
FIGURA 16 – MAQUINA DE 4 POLOS.....	29
FIGURA 17 – BOBINA LIGADA EM Y	29
FIGURA 18 – EVOLUÇÃO DO BIODIESEL.....	34
FIGURA 19 - QUADRO DO BIODIESEL NO MUNDO	34
QUADRO 1 – MATERIAS-PRIMAS PARA O BIODIESEL	35
QUADRO 2 – COMPOSIÇÃO POR MATERIA PRIMA DO BIODIESEL NO BRASIL	36
GRAFICO 1 – COMPOSIÇÃO MEDIA DO BIODIESEL	36
FIGURA 20 – USINAS TERMOELÉTRICAS NO BRASIL	40
FIGURA 21 – BOTOEIRA.....	41
FIGURA 22 – RELÉ.....	42
FIGURA 23 – RELÉ DETALHES	42
FIGURA 24 – CONTATOR DETALHES.....	43
FIGURA 25 – CONTADORES	44
FIGURA 26 – FUSVEIS	45
FIGURA 27 – DISJUNTOR DETALHES.....	46
FIGURA 27 – DISJUNTORES	47
TABELA 1 – SIMBOLOGIA	48
TABELA 2 – SIMBOLOGIA	49
FIGURA 28 – GERADOR NPDEAS	50
TABELA 3 – GERADOR DADOS.....	51

FIGURA 29 – QTA.....	52
FIGURA 30 – GERADOR COMANDO	53
FIGURA 31 – ANALISADOR DE REDES.....	55
FIGURA 32 – TERMOMETRO INFRAVERMELHO	56
FIGURA 33 – CARGA (CHUVEIROS 217 V).....	57
FIGURA 34 – QUADRO DE ACIONAMENTO DE CARGA (QAC)	57
FIGURA 35 – QAC INTERIOR	58
FIGURA 36 – DIAGRAMA FUNCIONAL DO QAC.....	59
TABELA 4 – QUANTIDADE DE COMBUSTIVEL	60
FIGURA 37 – DESLIGAMENTO DO QTA.....	61
TABELA 5 – TENSÃO, REGIME PERMANETE, MEIA CARGA	64
TABELA 6 – TENSÃO REGIME PERMANTENTE, CARGA TOTAL	64
TABELA 7 – TENSÃO REGIME PERMANTENTE, SEM CARGA.....	64
TABELA 8 – CORRENTE REGIME PERMANTENTE, MEIA CARGA.....	65
TABELA 9 – CORRENTE REGIME PERMANTENTE, CARGA TOTAL.....	65
TABELA 10 – POTENCIA, REGIME PERMANTENTE, MEIA CARGA.....	66
TABELA 11 – POTENCIA, REGIME PERMANTENTE, CARGA TOTAL.....	66
TABELA 12 – TENSÃO, REGIME TRANSITORIO, CARGA TOTAL.....	67
TABELA 13– TENSÃO, REGIME TRANSITORIO, SEM CARGA	67
TABELA 14 – CORRENTE, REGIME TRANSITORIO, CARGA TOTAL	68
GRAFICO 2 – TEMPO ESTABILIZAÇÃO TENSÃO	68
GRAFICO 3 – TEMPO ESTABILIZAÇÃO CORRENTE	69
GRAFICO 4 – TEMPO ESTABILIZAÇÃO TENSÃO, SEM CARGA.....	69
GRAFICO 5 – VARIAÇÃO DA FREQUÊNCIA.....	70
GRAFICO 6 – VARIAÇÃO DA TEMPERATURA	71

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
ANP	Agência Nacional do Petróleo
B5	Mistura diesel-biodiesel com 5% de biodiesel e 95% de diesel
B8	Mistura diesel-biodiesel com 8% de biodiesel e 92% de diesel
B10	Mistura diesel-biodiesel com 10% de biodiesel e 90% de diesel
B15	Mistura diesel-biodiesel com 15% de biodiesel e 85% de diesel

B20	Mistura diesel-biodiesel com 20% de biodiesel e 80% de diesel
B50	Mistura diesel-biodiesel com 50% de biodiesel e 50% de diesel
B100	Mistura diesel-biodiesel com 100% de biodiesel
BIG	Banco de Informações da Geração
$C_{12}H_{26}$	Dodecano
cm ³	Centímetro cúbico
CNPE	Conselho Nacional de Política Energética
CO	Monóxido de carbono
CO ₂	Dióxido de carbono
dB	Decibéis
ELB	Eletrobrás
EPA	Environmental Protection Agency
EUA	Estados Unidos da América
FP	Fator de potência
g	Grama
h	Hora
ha	Hectare
H ₂ O	Água
Hz	Hertz
kg	Quilograma
kVA	Quilovolt-ampere
L	Litro
LACAUT	Laboratório de Análises de Combustíveis Automotivos
MJ	Megajoules
N ₂	Nitrogênio
NBR	Norma Brasileira
NO	Monóxido de nitrogênio
NO ₂	Dióxido de nitrogênio
NO _x	Óxidos de nitrogênio
NPDEAS	Núcleo de Pesquisa e Desenvolvimento de Energia Autossustentável

O_2	Oxigênio
ppm	Partes por milhão
QTA	Quadro de Transferência Automática
QAC	Quadro de acionamento de carga
RPM	Rotações por minuto
s	Segundo
SCD	Sistema de Coleta de Dados
SIN	Sistema Interligado Nacional
UFPR	Universidade Federal do Paraná
UTE	Usina termoelétrica
V	Volt
VA	Volt-ampere

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	15
1 OBJETIVOS GERAL.....	18
1.1 OBJETIVOS ESPECIFICOS.....	19
1.2 JUSTIFICATIVA	19
2 REVISÃO TEORICA.....	19
2.1 COMBUSTÃO	19
2.1.1 Primeiro curso: Admissão.....	20
2.1.2 Segundo Curso: Injeção	21
2.1.2 Terceiro curso: Expansão	21
2.1.3 Quarto curso: Descarga.....	22
2.2 MOTOR A DIESEL.....	24
2.2.1 Cabeçote.....	24
2.2.2 Válvulas	25
2.2.3 Eixos de Cames	25
2.2.4 Bloco do Motor	26
2.2.5 Cilindro	26
2.2.6 Pistão	27
2.3 ALTERNADOR.....	28
2.4 OLEO DIESEL	30
2.4.1 Pureza.....	31
2.4.2 Contagem de Partículas	31
2.4.3 Densidade.....	31
2.4.4 Viscosidade.....	32
2.4.5 Número de Cetano	32
2.4.6 Ponto de fulgor.....	32
2.5 BODIESEL	32
2.7 FATORES AMBIENTAIS.....	38
2.8 PRODUÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA UTILIZANDO DIESEL	39
2.9 FORÇA E COMANDO	40
2.9.1 Botoeira ou Botão de comando	40
2.9.2 Relés	41
2.9.3 Contatores.....	43
2.9.4 Fusíveis	44

	14
2.9.5 Disjuntores	45
2.9.5 Simbologia gráfica	47
2.12 TRABALHOS ANTECEDENTES.....	48
3 METODOLOGIA.....	49
3.1.2 Diesel.....	54
3.1.3 Biodiesel	54
3.1.4 Analisador de Redes.....	54
3.1.5 Medidor de Temperatura.....	55
3.1.6 Carga.....	56
3.1.7 Quadro de Acionamento de Carga (QAC)	57
3.2 MODO DE ENSAIOS	60
3.2.1 Resposta em Regime Permanente	62
3.2.2 Resposta em regime Transitório	62
3.2.3 Medição de Temperatura.....	62
3.2.4 Final de Medição	63
4 RESULTADOS	63
4.1 REGIME PERMANETE.....	63
4.1.1 Tensão	63
4.1.2 Corrente	65
4.1.3 Potencia.....	65
4.2 REGIME TRANSITORIO.....	66
4.2.1 Tensão	66
4.2.2 Corrente	67
4.2.3 Tempo de Estabilização	68
4.3 FREQUENCIA.....	70
4.4 TEMPERATURA	70
5 CONCLUSÕES E SUGESTÕES	71
REFERENCIAS.....	73

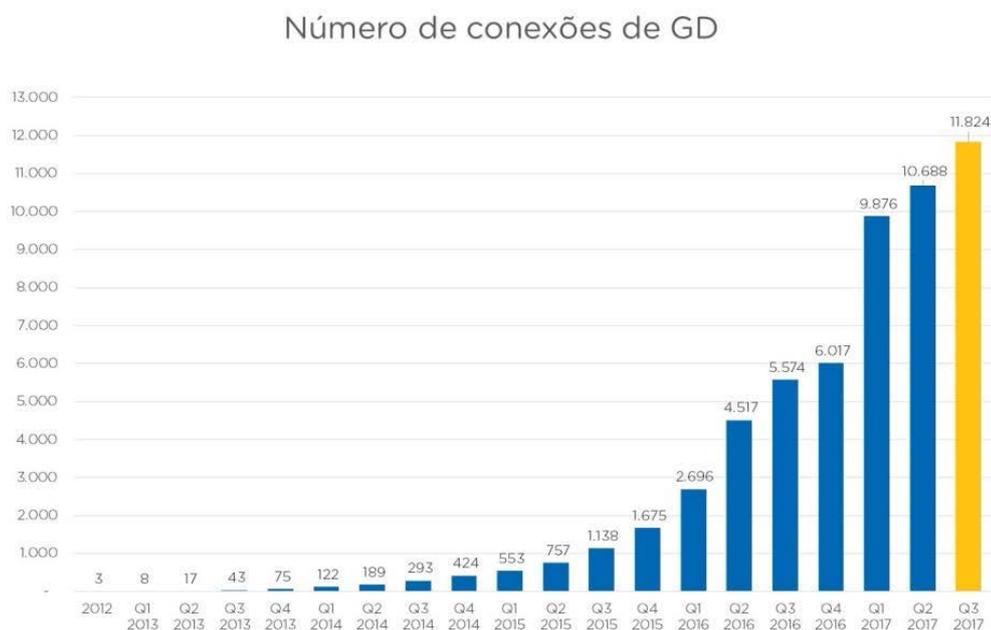
1 INTRODUÇÃO

Hoje a busca por geradores no mercado, para utilização pessoal, vem aumentando, devido ao aumento do preço da tarifa de energia elétrica, empresas e pessoas físicas vem utilizando geradores para suprir sua demanda de energia em horário de pico, onde a tarifa pode ter seu valor elevado. Outro grande uso do gerador é para suprir a demanda quando a falta de energia, quando o sistema de distribuição ou transmissão de energia vem a falhar. Recentemente houve um caso de interrupção de energia aqui em Curitiba-PR, no dia 08 de março de 2018, houve uma falha no barramento da subestação do bairro Pilarzinho, 105 mil consumidores ficaram sem energia por 50 minutos.

Como consequência desse aumento na utilização de geradores para geração própria, houve também um aumento na Geração Distribuída (GD), como mostra a FIGURA 1, conceito relativamente novo, que nos indica quantas unidades consumidoras geram sua própria energia e disponibilizam a energia excedente para a concessionária local de energia.

A energia excedente produzida, gera créditos de energia para o proprietário, que ele pode utilizar auxílio das tarifas em outras propriedades que ele venha a ter, por exemplo, no caso de duas unidades consumidoras de energia de um mesmo proprietário, sendo uma delas geradora da própria energia e a outra não, caso a unidade geradora, venha a produzir algum crédito de energia, estes poderão ser utilizados para sanar gastos na tarifa de energia da segunda unidade consumidora.

FIGURA 1 – GRÁFICO DE NUMEROS DE CONEXÕES DE GD



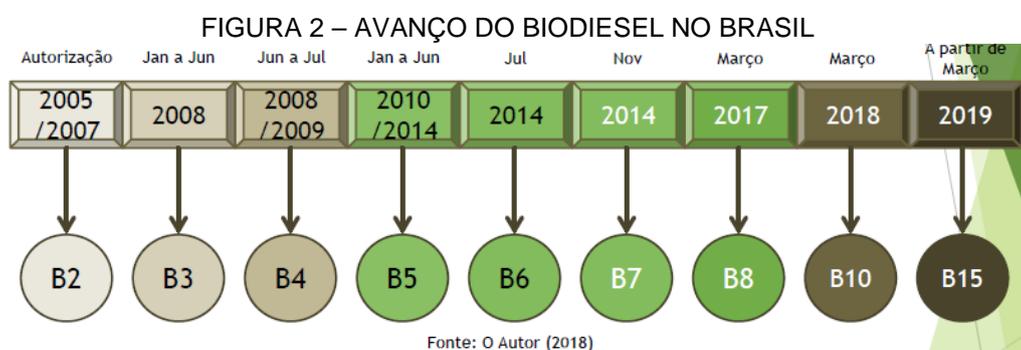
FONTE - Lucas Mendes, Site astrasolar.com (2017)

Comercialmente existem duas opções para combustível em grupos geradores: diesel e gás natural. Apesar de poluir menos, os grupos geradores a gás natural comumente requerem um investimento inicial maior e possuem um custo de energia inferior quando comparado com diesel. No entanto, devido ao alto custo inicial, a maioria dos grupos geradores encontrados são movidos por diesel.

Devido a lei imposta pelo governo sobre o aumento do biodiesel no diesel comercial, ouve uma necessidade de saber a respostas de maquinas movida a diesel na geração de energia elétrica, visto que muitos estabelecimentos dependem de maquinas como estas, como, hospitais, shopping, mercado e etc.

Elaborou-se um relatório que deu embasamento para a criação do Programa Nacional de Produção e Uso de Biodiesel (PNPB), com seu lançamento oficial em 06 de dezembro de 2004. O uso de biodiesel em mistura ao diesel de petróleo foi regulamentado pela Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP) por meio da Lei 11.097 de 13 de janeiro de 2005, que autorizou seu uso em misturas B2, com o intuito de torná-lo obrigatório a partir

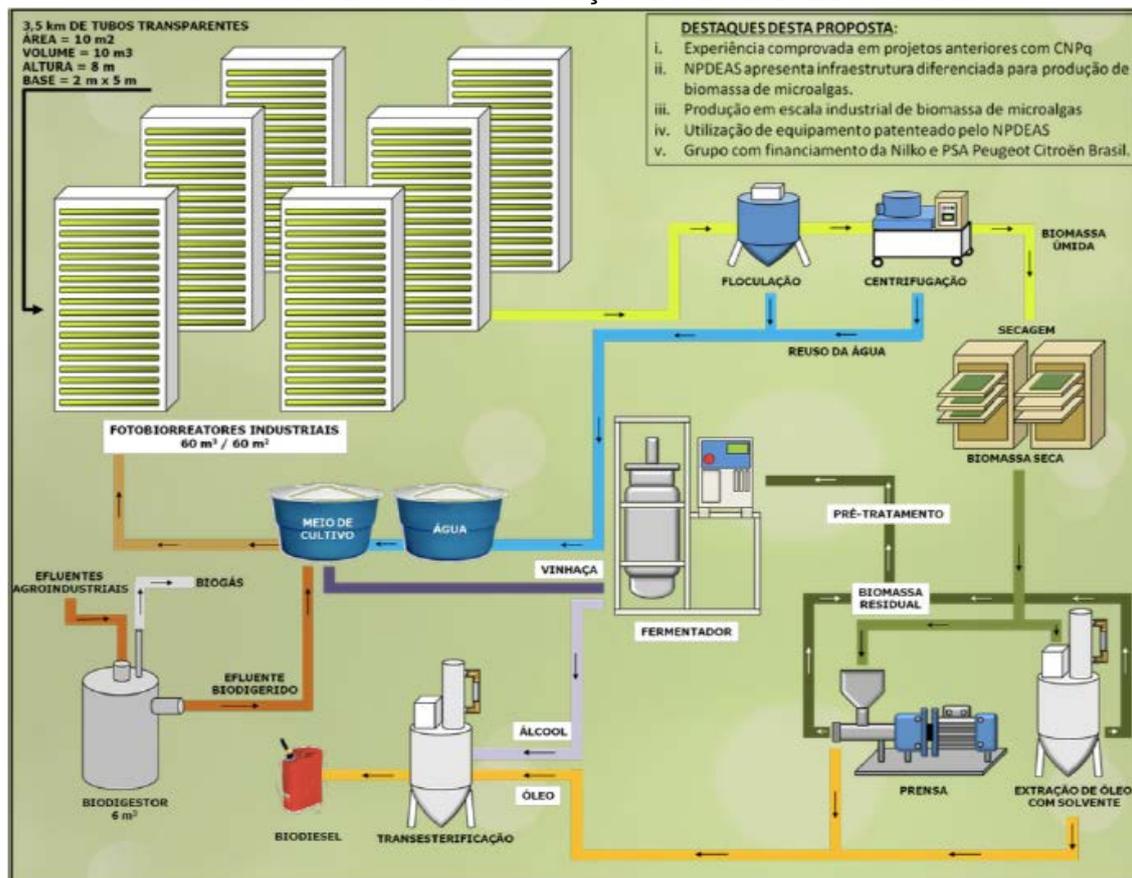
de janeiro de 2008. Neste ano, o uso da mistura B5 passou a ser autorizada e o seu uso compulsório, inicialmente previsto para janeiro de 2013, foi antecipado para janeiro de 2010. Em 2014, a Lei 13.033 definiu que a mistura de biodiesel ao óleo diesel deveria ser aumentada inicialmente para 6 % (B6) a partir de 1º de julho e depois para 7 % (B7) a partir de 1º de novembro, demonstrando a crescente importância desta cadeia de produção para o desenvolvimento político e tecnológico do Brasil. que determinava que todo diesel comercializado em território nacional tivesse uma porcentagem de biodiesel em sua composição. Hoje, no ano de 2010, a porcentagem é de 10%, tendo uma previsão de aumento de 5% para o ano que vem, 2019, passando a ser 15%.



FONTE – O Autor (2018)

Fundado em 2007, o NPDEAS tem como objetivo propor soluções integradas para tratamento de efluentes diversos e geração de energia elétrica 'limpa'. A partir das pesquisas realizadas na instituição, foi possível desenvolver um biodiesel produzido a partir de microalgas. A FIGURA 3 mostra o diagrama de produção do biodiesel a partir das microalgas no NPDEAS.

FIGURA 3 – PROCESSO DE FABRICAÇÃO DO BODIESEL NO NPDEAS



FONTE – NPDEAS (2017)

A FIGURA 3 mostra a abrangência da pesquisa realizada pelo NPDEAS, a partir do cultivo de microalgas, é realizado o processo de floculação e centrifugação para obter biomassa úmida de microalgas. Estes dois processos, também possuem como subproduto água limpa, que é filtrada pelas microalgas. A biomassa úmida passa por um processo de secagem e então seu óleo é extraído e este, pode ser utilizado para produzir biodiesel.

1 OBJETIVOS GERAL

O objetivo geral deste trabalho de conclusão de curso, é analisar as misturas de biodiesel no diesel (B10, B20, B50 E B100) feitas para serem usadas como combustível num gerador diesel, obtendo resultados pertinentes aos parâmetros elétricos (Tensão, Corrente, Tensão e Corrente de pico, frequência e potência), sem regime permanente e em regime transitório, além de alisar o tempo de resposta do degrau do gerador em regime transitório, quando ligado carga total

projetada e o comportamento do gerador quanto a temperatura para cada mistura.

1.1 OBJETIVOS ESPECIFICOS

Os objetivos específicos são:

- Testar o gerador com as misturas B10, B20, B50 e B100, durante 5 min.
- Avaliar o efeito da composição das misturas, analisar utilizando o analisador de rede, os parâmetros elétricos (Tensão, Corrente, Potência e Frequência), regime permanente.
- Avaliar o efeito da composição das misturas, analisar utilizando o analisador de rede, os parâmetros elétricos (Tensão, Corrente, Potência e Frequência), em regime transitório.
- Avaliar o tempo do regime transitório, tempo de estabilização
- Avaliar a temperatura do bloco do motor
- Projetar e construir um banco de resistência.
- Avaliar o gerador a vazio e com o banco utilizando as misturas.

1.2 JUSTIFICATIVA

Com o aumento da utilização de geradores para geração própria, sejam elas em horas de emergência ou não, viu-se a necessidade de se estudar a qualidade de energia que esses geradores iriam proporcionar com o aumento da porcentagem do biodiesel no diesel.

Antever possíveis problemas com o uso de misturas com maiores concentrações de biodiesel, antecipando a lei imposta pelo governo que obriga a adição de biodiesel no diesel comercializado.

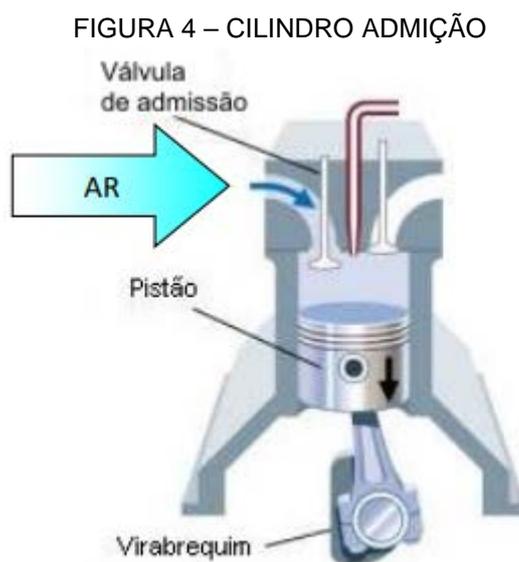
2 REVISÃO TEORICA

2.1 COMBUSTÃO

Os motores de quatro tempos são assim denominados porque realizam o ciclo em quatro cursos do pistão, são eles: admissão, compressão, expansão e descarga.

2.1.1 Primeiro curso: Admissão

O pistão se desloca do PMS para o PMI. Neste curso ocorre a admissão somente de ar interior do cilindro (Figura 4). Durante a admissão a válvula de admissão está aberta e a válvula de descarga está fechada. O volume de ar admitido é denominado de volume de admissão ou cilindrado parcial do motor. Esse volume de ar aspirado é sempre o mesmo, sendo a variação da potência é obtida pela variação do volume de combustível injetado de acordo com a posição do acelerador.



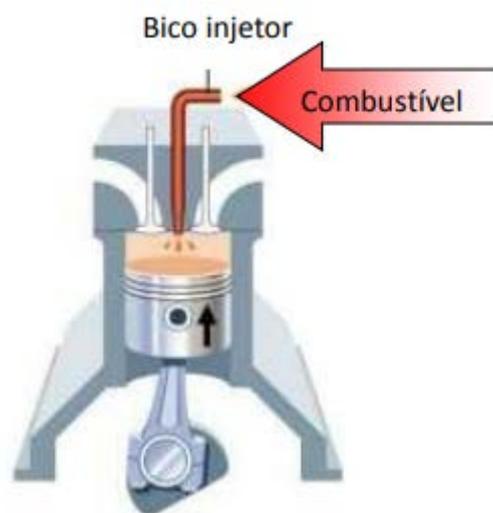
AUTOR: VARELLA, SANTOS (2010)

O pistão se desloca do PMS (Limite mecânico do pistão em alta) para o PMI (Limite mecânico do pistão em baixa). Neste curso ocorre a compressão do ar. As válvulas de admissão e descarga estão fechadas. A compressão do ar na câmara de combustão produz elevação da temperatura. No fim da compressão para a relação volumétrica de 18:1, a pressão é de 40-45 kgf.cm⁻² e a temperatura de aproximadamente 800°C. No final da compressão, o combustível é dosado e injetado na câmara de combustão (VARELLA; SANTOS, 2010).

2.1.2 Segundo Curso: Injeção

A injeção do combustível na câmara de combustão é feita pelo bico injetor (Figura 5). Imediatamente após a injeção, o combustível se inflama devido ao contato com o ar aquecido, iniciando-se a combustão.

FIGURA 5 – CINLINDRO INJETOR



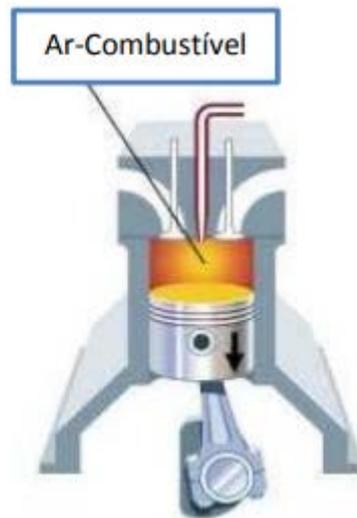
AUTOR: VARELLA, SANTOS (2010)

2.1.2 Terceiro curso: Expansão

O pistão se desloca do PMS (Limite mecânico do pistão em alta) para o PMI (Limite mecânico do pistão em baixa). Neste curso ocorre a expansão da mistura ar-combustível. As válvulas de admissão e descarga estão fechadas. A medida que o combustível é injetado, vai se inflamando, aumentando a temperatura dos gases que tendem a se dilatar cada vez mais. Durante a expansão o pistão é acionado pela força de expansão dos gases transformando

a energia térmica em mecânica (Figura 6). A força vinda da expansão dos gases é transmitida para a árvore de manivelas, através da biela, promovendo assim o movimento de rotação do motor. A expansão é o único curso que transforma energia. Parte da energia transformada é armazenada na árvore e no volante do motor, sendo consumida durante os outros três cursos (VARELLA; SANTOS, 2010).

FIGURA 6 – CILINDRO COMBUSTÃO

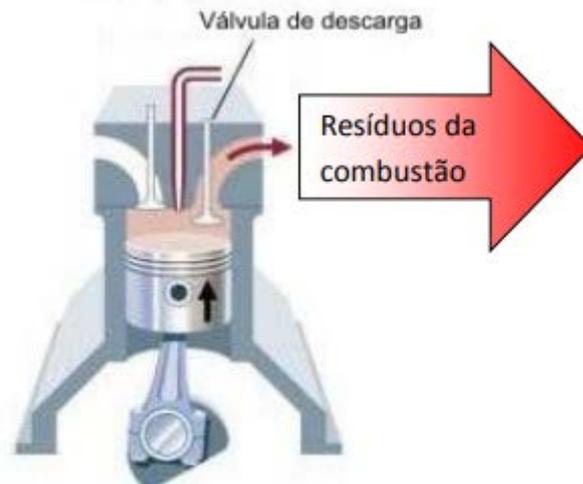


AUTOR: VARELLA, SANTOS (2010)

2.1.3 Quarto curso: Descarga

O pistão se desloca do PMI para o PMS. Neste curso ocorre a descarga dos resíduos da combustão. A válvula de admissão está fechada e a de descarga está aberta. O movimento ascendente do pistão expulsa do cilindro os resíduos da combustão através da válvula de descarga (Figura 7).

FIGURA 7 – CILINDRO EXAUSTÃO

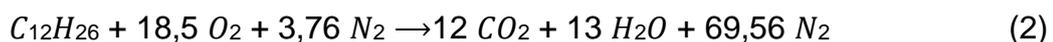


AUTOR: VARELLA, SANTOS (2010)

Para calcular a concentração ar/combustível necessária para a queima total do combustível, a composição química destes são aproximadas por hidrocarbonetos, isto é, substâncias que contêm hidrogênio e carbono. O óleo diesel é modelado como dodecano $C_{12}H_{26}$. Para queima do combustível, é necessária a presença de oxigênio, que está presente no ar. Para efeitos de modelagem, é considerada a concentração de 21% de oxigênio e 79% de nitrogênio no ar, ou 3,76 mols de nitrogênio para cada mol de oxigênio. A partir destas informações é possível modelar a razão ar/combustível necessária para queima total do diesel (MORAN; SHAPIRO, 2009):



Aplicando o princípio de conservação de massa, obtém-se: $a=18,5$; $b=12$; $c=13$; $d=69,56$. Obtém-se a equação química balanceada:

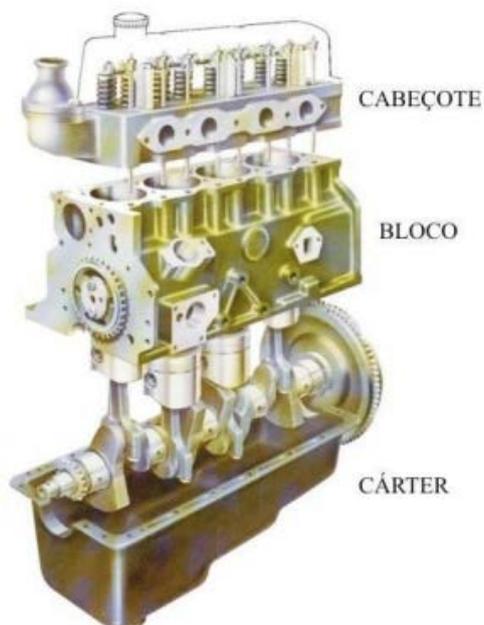


Ou seja, para queima completa de um mol de diesel, são necessários 18,5 mols de O_2 e $18,5 \times 3,76$ mols de N_2 , transformando esses valores para massa em gramas, conclui-se que para queimar 1 quilograma de diesel, é necessários 10,1 quilogramas de ar.

2.2 MOTOR A DIESEL

Os motores de combustão interna apresentam três principais partes: cabeçote, bloco e cárter, conforme ilustrado na FIGURA 8.

FIGURA 8 – PARTES DE UM MOTOR A DIESEL

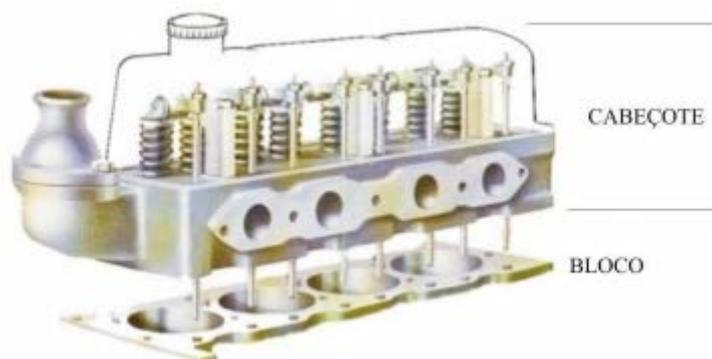


AUTOR: VARELLA, SANTOS (2010)

2.2.1 Cabeçote

Normalmente os cabeçotes de motores resfriados a água são fabricados em ferro fundido, e em circunstâncias especiais que exige pouco peso, são fabricados em alumínio.

FIGURA 9 – PARTES DE UM MOTOR A DIESEL, CABEÇOTE



AUTOR: VARELLA, SANTOS (2010)

2.2.2 Válvulas

Válvulas atualmente, quase todos os motores apresentam as válvulas no cabeçote. As válvulas controlam a entrada e saída dos gases no cilindro. A passagem dos gases de admissão mantém sua temperatura da válvula de admissão entre 250 e 300°C. A válvula de descarga suporta temperaturas entre 700 e 750°C. O motor de quatro tempos convencional apresenta duas válvulas por cilindro: uma de admissão e outra de descarga. Segundo TAYLOR (1976), a capacidade de escoamento da válvula de descarga pode ser menor que da válvula de admissão, e recomenda que o diâmetro da válvula de descarga deva ser 0,83-0,87 do diâmetro da válvula de admissão (VARELLA; SANTOS, 2010).

FIGURA 10 – PARTES DE UM MOTOR A DIESEL, VALVULAS



AUTOR: VARELLA, SANTOS (2010)

2.2.3 Eixos de Cames

Eixo de cames ou de comando de válvulas Este eixo controla a abertura e fechamento das válvulas de admissão e descarga. Recebe movimento da árvore de manivelas, possui um ressalto ou came para cada válvula e gira com metade da velocidade da árvore de manivelas. Os ressaltos atuam sobre os impulsadores das válvulas em tempos precisos. Os eixos de cames são fabricados em aço forjado ou ferro fundido (ao níquel-cromo-molibdênio). Passam por tratamentos como cementação e tempera de maneira a oferecer a máxima resistência ao desgaste dos ressaltos. O eixo de comando de válvulas

pode ser encontrado no cabeçote ou no bloco do motor. A FIGURA 11 ilustra o eixo de cames ou de comando de válvulas (VARELLA; SANTOS, 2010).

FIGURA 11 – PARTES DE UM MOTOR A DIESEL, COMANDO DE VÁLVULA

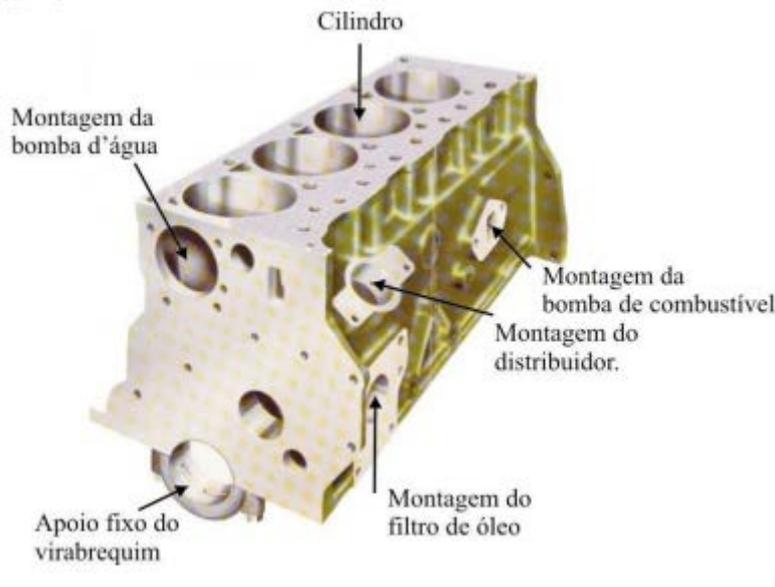


AUTOR: VARELLA, SANTOS (2010)

2.2.4 Bloco do Motor

O bloco é a parte central do motor. São, na sua maioria, de ferro fundido. A resistência do bloco pode ser aumentada, se for utilizada na sua fabricação uma liga de ferro fundido com outros metais. Alguns blocos de motor são fabricados com ligas de metais leves, o que diminui o peso e aumenta a dissipação calorífica. Neste caso o cilindro é revestido com camisa de ferro fundido. A Figura 12 ilustra o bloco do motor de combustão interna.

FIGURA 12 – PARTES DE UM MOTOR A DIESEL, BLOCO DO MOTOR



AUTOR: VARELLA, SANTOS (2010)

2.2.5 Cilindro

O cilindro é um furo no bloco aberto nas extremidades. Os cilindros podem ser constituídos por uma peça sobressalente denominada camisa, que é colocada no furo do bloco, evitando que este sofra desgaste. A camisa ou câmara de água é um conjunto de condutores para circulação da água de resfriamento dos cilindros, e, é normalmente fundida com o bloco do qual faz parte integrante. O diâmetro do cilindro é determinado conforme ilustrado na Figura 13 (VARELLA; SANTOS, 2010).

FIGURA 13 – PARTES DE UM MOTOR A DIESEL, CILINDRO

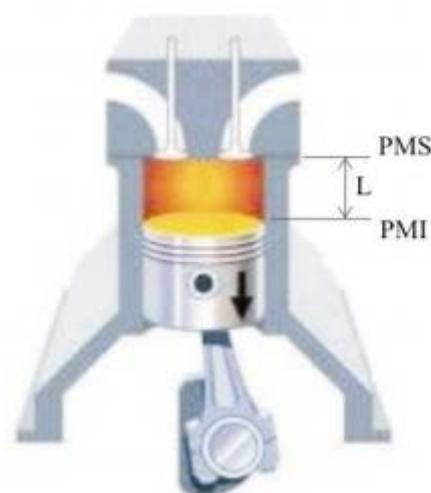


AUTOR: VARELLA, SANTOS (2010)

2.2.6 Pistão

O pistão é fechado na parte superior e aberto na inferior. O pistão se movimenta linearmente no interior do cilindro percorrendo sempre uma mesma distância denominada de curso. Curso é a distância entre o ponto morto superior e o ponto morto inferior do pistão.

FIGURA 14 – PARTES DE UM MOTOR A DIESEL, PISTÃO



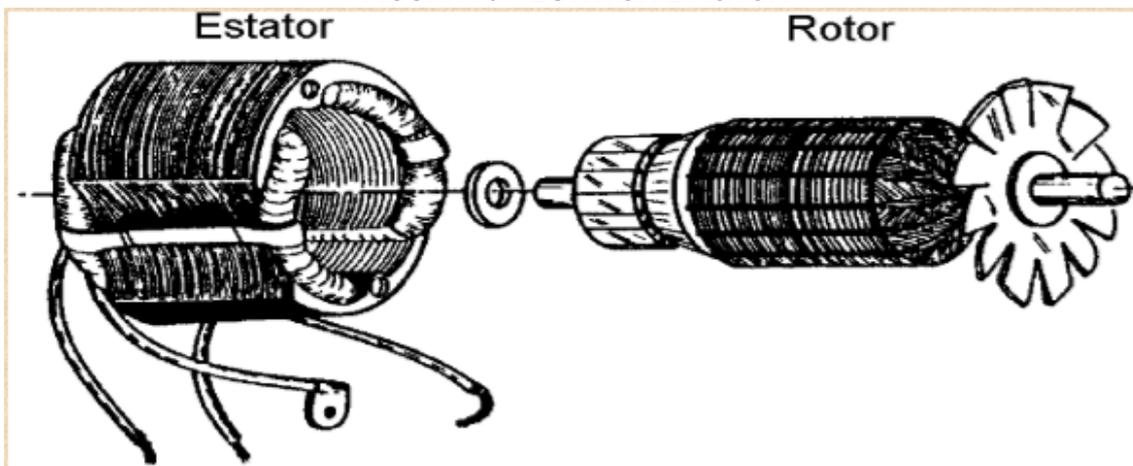
AUTOR: VARELLA, SANTOS (2010)

2.3 ALTERNADOR

O eixo do motor diesel é conectado mecanicamente ao alternador, ou máquina síncrona, que tem como função transformar a energia mecânica em elétrica. O alternador utilizado no grupo gerador possui excitação brushless, 4 polos, possui fator de potência nominal 0,8 indutivo e fornece tensão trifásica 220/127V em estrela. (MAQUIGERAL, 2017).

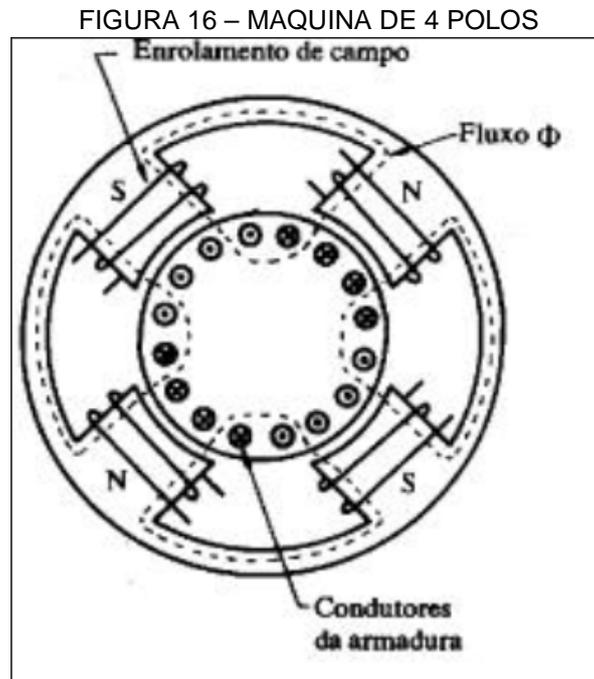
Uma máquina síncrona possui duas partes principais, o rotor e o estator. O rotor é a parte móvel da máquina, que gira ao redor do estator, no rotor estão presentes o enrolamento de campo e no estator o enrolamento de armadura. Um exemplo de gerador síncrono pode ser observado na FIGURA 4.

FIGURA 15 – ESTATOR E ROTOR



AUTOR: Leviclaw Projetos (2009)

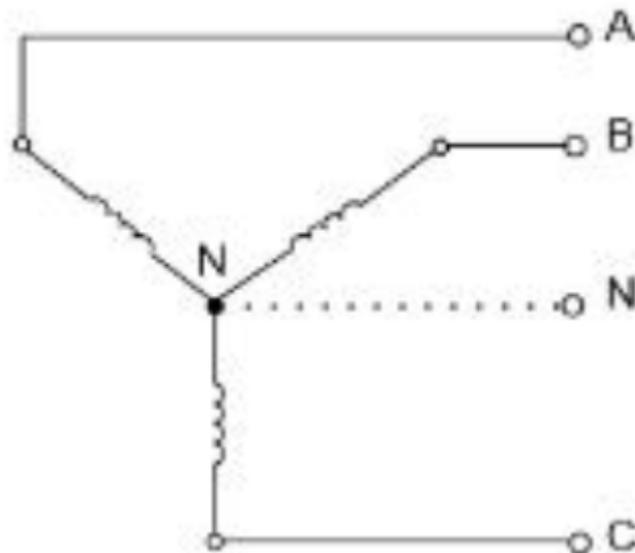
Quando o rotor é movido mecanicamente, é gerado um fluxo magnético nas bobinas, a variação do fluxo magnético resulta na geração de tensão alternada no enrolamento de armadura, caracterizando um gerador. Já quando os enrolamentos da armadura são alimentados por corrente alternada é gerado um fluxo de corrente nas bobinas que por sua vez irá induzir um fluxo magnético na armadura, fazendo com que o rotor gire. A FIGURA 16, mostra a representação de uma máquina síncrona trifásica com quatro polos.



AUTOR: João Mendez (2012)

Na FIGURA 16 observa-se que cada fase (representada pelas letras A, B e C), possui um par de bobinas, isso ocorre pois o número de bobinas por fase do estator deve ser sempre no mínimo metade do número de polos. Essas bobinas devem então ser conectadas para formar um sistema trifásico (UMANS, 2014). Um esquema de ligação das bobinas em Y, semelhante ao gerador objeto de estudo, é demonstrado na FIGURA 6.

FIGURA 17 – BOBINA LIGADA EM Y



AUTOR: Douglas Monteiro (2011)

O rotor gira em velocidade constante, a partir da conexão mecânica entre o alternador e o motor diesel, que gira a uma velocidade de 1800 RPM. A medida que o rotor gira em velocidade constante, fluxo magnético varia no tempo e resulta numa tensão senoidal na bobina. A frequência elétrica produzida pela máquina síncrona pode ser calculada conforma a EQUAÇÃO 3. (UMANS, 2014).

$$f_e = \left(\frac{\text{polos}}{2} \right) * \frac{n}{60} \quad (3)$$

Onde f_e é a frequência elétrica em Hz e n é o número de rotações por minuto. Substituindo os valores do grupo gerador estudado obtém-se:

$$f_e = \left(\frac{4}{2} \right) * \left(\frac{1800}{60} \right) \quad (4)$$

2.4 OLEO DIESEL

A qualidade do óleo diesel é especificada em função de diversas características do combustível. As principais são: pureza, densidade, viscosidade, número de cetano e ponto de fulgor.

2.4.1 Pureza

É uma medida do teor de água e sedimentos presentes no óleo diesel. Essas impurezas normalmente são provenientes do transporte e armazenamento inadequados do combustível. A presença desses contaminantes, em teor maior que o permitido, causa desgaste excessivo do motor. A água causa corrosão dos bicos injetores, combustão imperfeita e promove a formação de partículas de ferrugem. Os sólidos em suspensão devido aos danos causados ao sistema de alimentação de combustível, principalmente bomba e bicos injetores. O teste de pureza é feito em laboratórios credenciados pela Agência Nacional do Petróleo (ANP). Consiste em se centrifugar 50 ml de diesel misturado em tubo de ensaio com quantidade igual de um solvente (tolueno). No final, lê-se a camada de água e de sedimentos presentes na parte inferior do tubo e a seguir calcula-se a percentagem em relação à amostra tomada. Os limites máximos previstos pela ANP para presença de água e sedimentos no óleo diesel é de 0,05% em volume, isto é, para cada 50 ml de diesel o máximo permitido de água e sedimentos é 0,025 ml (VARELLA; SANTOS, 2010).

2.4.2 Contagem de Partículas

Pesquisa e quantifica a presença de contaminantes no óleo diesel. Detecta tanto partículas metálicas como não metálicas inclusive sujeiras de fontes externas como, por exemplo, sílica. Um contador de partículas emite raio de luz a laser, quantificando e registrando os tamanhos dos contaminantes. O resultado segue a norma ISO 4406 que classifica partículas em maior que cinco e maior que 15 micra.

2.4.3 Densidade

É a relação entre massa e volume de óleo diesel a temperatura de 20o C, expressa em g/cm³. Variações na densidade tem influência na massa de combustível injetado, visto que a bomba injetora controla a injeção em função da variação do volume. Os limites especificados pela ANP são: 820-880 kg/m³ para

diesel “B- interior” e 820 a 865 kg/m³ para diesel “D-metropolitano” (VARELLA; SANTOS, 2010).

2.4.4 Viscosidade

A viscosidade do óleo diesel é determinada em condições cinemáticas seu resultado é expresso em centésimos de Stokes (centiStokes). A viscosidade é medida em função da resistência ao escoamento do óleo diesel em orifício padrão. A viscosidade tem influência na lubrificação da bomba e bicos injetores. Valores baixos de viscosidade resultam em desgaste excessivo e vazamentos nestas partes do sistema de alimentação. Valores altos resultam em maior esforço da bomba injetora e atomização inadequada do combustível pelos bicos injetores (VARELLA; SANTOS, 2010).

2.4.5 Número de Cetano

O número de cetano mede a qualidade de ignição do diesel e tem influência direta na partida do motor e no seu funcionamento sob carga. Fisicamente, o número de cetano se relaciona diretamente com o retardo da ignição do motor de modo que, quanto menor o número de cetano maior será o retardo da ignição. Conseqüentemente, maior será a quantidade de combustível que permanecerá na câmara sem queimar no tempo certo (Pinheiro, 1998).

2.4.6 Ponto de fulgor

O ponto de fulgor indica a facilidade do diesel inflamar, varia em função do teor de hidrocarbonetos leves existentes no diesel. Atualmente, o ponto de fulgor é especificado apenas para o diesel tipo D, produzido especialmente para motores marítimos (VARELLA; SANTOS, 2010).

2.5 BIODIESEL

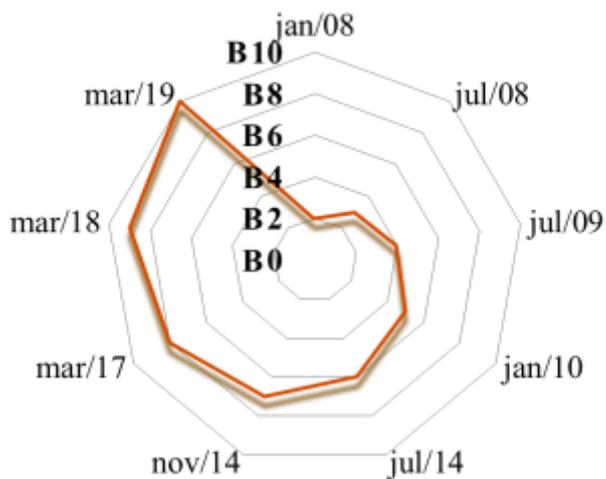
O biodiesel é um biocombustível obtido através da transesterificação de triglicerídeos. A principal matéria-prima utilizada na fabricação do biodiesel são óleos de origem vegetal.

Durante sua reação de combustão a quantidade de dióxido de carbono liberada pela queima é menor em relação aos combustíveis fósseis. Além de ser uma fonte de energia renovável.

As consequências do grande desenvolvimento demográfico mundial em paralelo com o desenvolvimento industrial de nossa sociedade têm sido os principais norteadores da busca por combustíveis alternativos aos derivados do petróleo. Atrelado a isso ainda há a necessidade de se reduzir a emissão dos gases causadores do efeito estufa, oriundos principalmente do consumo de combustíveis fósseis pelo setor automotivo e para a geração de energia em unidades fabris. Nesse contexto, os biocombustíveis, quando derivados de matérias-primas renováveis e produzidos por processos de reconhecida sustentabilidade ambiental, surgem como alternativas de amplo interesse social e político.

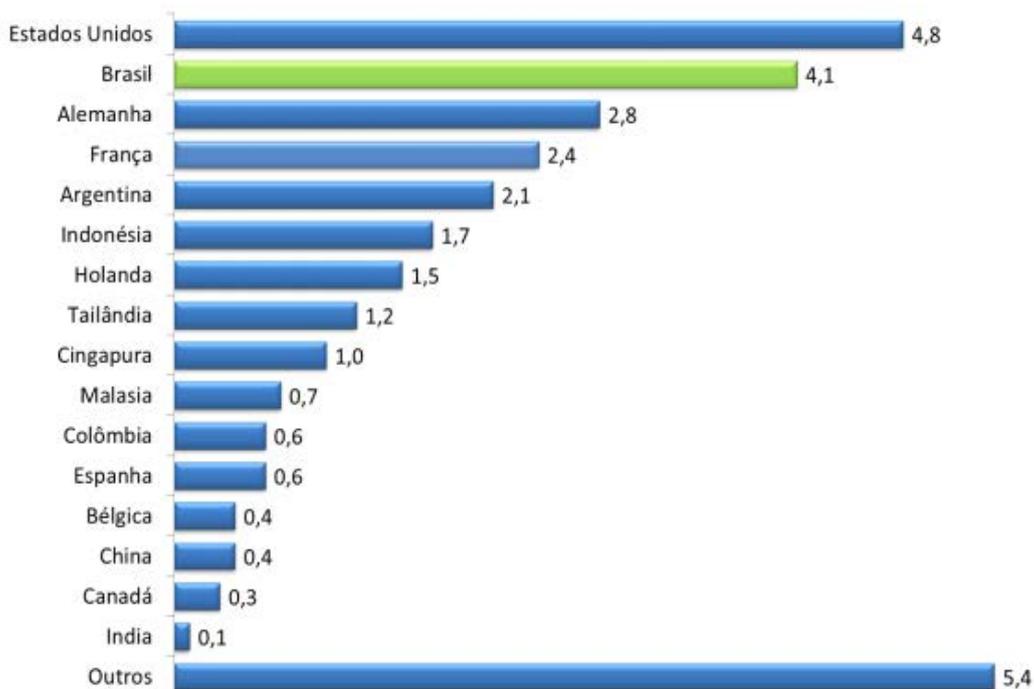
De acordo com o Boletim Mensal do Biodiesel de setembro de 2016, a capacidade total de produção autorizada pela ANP para agosto foi de 20.480,81 m³/dia (ou aproximadamente 6,4 milhões de toneladas por ano), 11 cuja operação estava distribuída em 50 unidades industriais de portes variados. Além disto, duas novas unidades de produção e dois projetos de expansão de unidades já existentes já estavam autorizadas, o que injetará mais 2005 m³/dia no mercado e aumentará a capacidade de produção anual brasileira em 9,79%. A Figura 2 compara a produção brasileira de biodiesel em 2015 com a observada em outros países onde a sua utilização já se encontra regulamentada e, em função da aparente saturação deste mercado nos Estados Unidos, espera-se que o novo marco regulatório brasileiro venha a nos posicionar como o principal produtor mundial em pouco tempo.^{11,12} Ainda com bases nesses dados, a ociosidade do setor em relação à sua capacidade total de produção foi de aproximadamente 46 % em 2015, algo semelhante à observada em agosto de 2016 segundo o Boletim Mensal da ANP (327.183 m³ produzidos para uma capacidade total de 614.424 m³) (RAMOS et al., 2017).

FIGURA 18 – EVOLUÇÃO DO BIODIESEL



AUTOR: RAMOS (2017)

FIGURA 19 - QUADRO DO BIODIESEL NO MUNDO



AUTOR: RAMOS (2017)

O Brasil, por ser detentor de uma grande extensão territorial, apresenta uma ampla diversidade de matérias-primas para a produção de biodiesel, como a soja, o girassol, a mamona, o milho, o pinhão manso, o caroço de algodão, a

canola, o babaçu, o buriti, o dendê, a macaúba e o amendoim, além das de origem animal como o sebo bovino e as gorduras de frango e de suínos. Óleos de descarte, óleos de vísceras de peixes e óleos usados para cocção de alimentos (óleo de fritura) também são utilizados como matérias-primas alternativas. No entanto, é importante ressaltar que as propriedades químicas e físicas da matéria prima estão diretamente associadas à tecnologia e ao rendimento do processo de conversão e, por conseguinte, às variações na qualidade final do produto para fins combustíveis.

Mais de 350 espécies de plantas com potencial para utilização na produção de biodiesel já foram identificadas globalmente.¹⁴ Em geral, pode-se afirmar que ésteres alquílicos de ácidos graxos podem ser produzidos a partir de qualquer tipo de matéria-prima oleaginosa, mas nem toda matéria-prima pode ser utilizada para a obtenção de um produto que atenda às especificações internacionais do biodiesel. Isso ocorre porque algumas delas apresentam propriedades não ideais que são transferidas para o biocombustível e que o torna inadequado para uso direto (B100) em motores do ciclo Diesel. Uma propriedade indesejada é a baixa estabilidade à oxidação, que torna o armazenamento do biodiesel mais complexo e compromete o seu uso direto em motores. Por outro lado, viscosidades muito altas são tecnicamente indesejáveis; por exemplo, o óleo de mamona (~239 mm² /s) produz ésteres de viscosidade (~14 mm² /s) superior aos limites estabelecidos pela especificação do motor e esses, portanto, não podem ser classificados como biodiesel. A Tabela 2, adaptada de Bergman e colaboradores,¹⁵ reúne as principais oleaginosas com predisposição para a produção de biodiesel no Brasil (RAMOS et al., 2017).

QUADRO 1 – MATERIAS-PRIMAS PARA O BIODIESEL

Cultivar	Óleo (%)	Cultivo	Rendimento de óleo (kg/ha)
Palma (fruto)	22	Perene	2000-8000
Pinhão manso	38	Perene	1200-1500
Babaçu	60	Perene	120
Mamona	39,6-59,8	Anual	470
Amendoim	40-60	Anual	788
Girassol	40-47	Anual	774
Soja	18-21	Anual	560
Colza	34-40	Anual	570
Algodão (caroço)	18-20	Anual	361

AUTOR: RAMOS (2017)

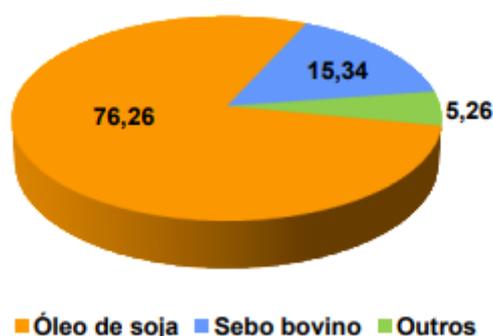
Tradicionalmente, matérias-primas para biodiesel são classificadas em três grandes grupos: óleos comestíveis e não comestíveis, gorduras e materiais residuais ou de descarte.15,19 Globalmente destaca-se o emprego dos óleos de colza/canola, soja, palma (dendê) e girassol, de acordo com a disponibilidade regional e os arranjos produtivos locais. No Brasil, de acordo com o Boletim Mensal do Biodiesel de setembro de 2016,11 77,26 % do biodiesel produzido no mês de agosto foi proveniente de óleo de soja, cabendo ao sebo bovino o percentual de 15,34 % (Figura 5). Outras matérias-primas apresentaram uma importância marginal e isto vem se verificando historicamente desde o início das atividades do PNPB. Mesmo assim, há certa variabilidade na composição das matérias-primas empregadas para a produção de biodiesel no país, como demonstram os dados da Tabela 3 e da Figura 5. Por esta razão, a composição química em ácidos graxos do biodiesel nacional é relativamente variável.

QUADRO 2 – COMPOSIÇÃO POR MATERIA PRIMA DO BIODIESEL NO BRASIL

Matérias-Primas	Meses do ano (valores em %)											
	2015						2016					
	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun
Óleo de soja	83,16	77,61	72,20	69,96	68,97	91,47	72,24	75,17	78,30	81,21	80,67	79,64
Sebo bovino	13,38	18,43	22,04	23,32	24,70	5,58	20,13	17,73	16,12	14,78	15,29	15,88
Óleo de algodão	1,31	2,35	3,88	3,44	4,15	2,88	2,81	1,28	0,87	0,35	0,06	0,07
Óleo de fritura	0,21	0,21	0,47	0,68	0,44	0,01	0,76	0,58	0,61	0,59	0,79	0,65
Gordura de porco	0,70	0,81	0,71	0,83	0,71	0,03	0,95	0,87	1,01	1,00	1,15	1,48
Gordura de frango	0,04	0,04	0,06	0,09	0,05	-	0,03	NC	NC	0,06	0,26	0,24
Óleo de palma/dendê	-	-	-	-	-	-	0,48	1,49	1,18	0,56	0,07	0,03
Outros materiais graxos	1,19	0,55	0,64	1,68	0,90	0,02	2,62	2,88	1,91	1,45	1,71	2,01

AUTOR: RAMOS (2017)

GRAFICO 1 – COMPOSIÇÃO MEDIA DO BIODIESEL



AUTOR: RAMOS (2017)

Microalgas e outros microrganismos oleíferos também têm sido propostos e amplamente estudados como fonte de lipídeos para a produção de biodiesel. Comparativamente a outras culturas agrícolas, o cultivo de microalgas é bastante promissor porque, além de apresentar maior produtividade em óleo, exige menores extensões de terra para a sua produção. Além disto, as microalgas apresentam um ciclo de vida de poucos dias, permitindo colheitas contínuas e diminuindo a logística de armazenagem, necessária para o caso de culturas anuais, e sua habilidade em consumir CO₂ como insumo para a fotossíntese (crescimento autotrófico) pode contribuir para uma eventual redução do aquecimento global. Por outro lado, as microalgas podem ser cultivadas em sistemas intensivos, empregando águas servidas e rejeitos agroindustriais como fonte de carbono, constituindo-se, portanto, em uma solução tanto energética quanto ambiental que não oferece qualquer competição com a produção de alimentos. No entanto, o desenvolvimento de microrganismos oleíferos como matéria-prima para a produção de biodiesel apresenta algumas barreiras de difícil transposição, como o alto custo na formulação dos meios de cultivo mais convencionais, complexidade fabricação de reatores autotróficos (fotobiorreatores) e reatores heterotróficos, alta demanda energética na colheita, secagem e extração da biomassa de microalgas, baixa estabilidade oxidativa e alta acidez do material lipídico isolado e a resistência ao uso de organismos geneticamente modificados em alta escala de produção. Apesar destas limitações, as microalgas representam alternativa de grande valor estratégico para o desenvolvimento de produtos e processos sustentáveis a partir da biomassa vegetal (RAMOS et al., 2017).

Como alternativas de menor valor agregado, também devem ser incorporadas aos óleos de frituras as borras de refino e os diferentes tipos de gordura animal oriundos de abatedouros de aves, atividades frigoríficas e unidades de tratamento de esgotos. Tais óleos residuais, a exemplo dos óleos de fritura, também apresentam alta acidez e, como tal, poderão exigir etapas adicionais de purificação ou tecnologias alternativas de produção para gerarem um biodiesel de boa qualidade.

As propriedades do biodiesel variam de acordo com a composição dos ácidos graxos da matéria-prima. No entanto, o produto deve apresentar propriedades

similares às do diesel de petróleo, podendo assim ser utilizado em motores do ciclo diesel sem que haja a necessidade de grandes ajustes no motor.²⁰ Assim, não é possível imaginar que o motor que deva ser adequado ao (bio)combustível, mas sim que a tecnologia de produção do (bio)combustível deva ser adequada às exigências estabelecidas pelas especificações do motor (RAMOS et al., 2017).

2.7 FATORES AMBIENTAIS

Segundo Aranda et al. (2015), o biodiesel é uma excelente substituição para os combustíveis fósseis. A possibilidade de produzi-los a partir de fontes renováveis como gorduras vegetais e óleos, mesmo os descartados pelo setor alimentício, faz desse uma boa alternativa para substituição do diesel comum na matriz energética. Ademais, o biodiesel não possui enxofre em sua composição e, quando de procedência vegetal, possibilita a redução das emissões de CO_2 devido a fixação do carbono em seu ciclo de produção, quando comparado com o diesel de origem fóssil.

Segundo DeltaCO₂ & CENA (2013), a redução das emissões de Gases do Efeito Estufa (GEE) do biodiesel produzido a partir do óleo de soja nos estados do Mato Grosso e Mato Grosso do Sul é de aproximadamente 70% em relação ao parâmetro de emissões do diesel fóssil europeu. O estudo avaliou as emissões totais do biodiesel desde a fase agrícola, passando pelo processamento do óleo de soja, pela produção do biodiesel e pelo transporte do produto até o consumidor final.

A importância é tamanha que, Saldiva (2012) defende que as mortes são o topo da pirâmide em termos de efeitos malignos da respiração de materiais particulados. Conforme o autor, internações em hospitais, consultas médicas, perda de dias de trabalho, sintomas respiratórios diversos, necessidade de uso constante de medicamentos e outros problemas também devem ser contabilizados quando se discute o assunto. As estimativas apontam que, dentre os benefícios de uma redução de 10% na poluição atmosférica da cidade de São Paulo entre 2000 e 2020 estariam 114 mil mortes a menos, 250 mil visitas

médicas evitadas e milhões de disfunções respiratórias mitigadas. Com base nesses valores, apura-se que seriam economizados, ainda, US\$ 10 bilhões.

2.8 PRODUÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA UTILIZANDO DIESEL

A produção de energia em grande escala utilizando como combustível o diesel é realizado principalmente nos sistemas isolados. Tais sistemas, não estão conectados ao Sistema Interligado Nacional (SIN). Os sistemas isolados atendem 1,3 milhão de consumidores. (BRASIL. AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (ANEEL), 2008a).

Segundo Brasil – ANEEL (2017), existem 2161 usinas instaladas que operam com diesel totalizando uma capacidade instalada de 4.753.590 kW. A FIGURA 8 mostra a localização das usinas termelétricas movidas a derivados petróleo.

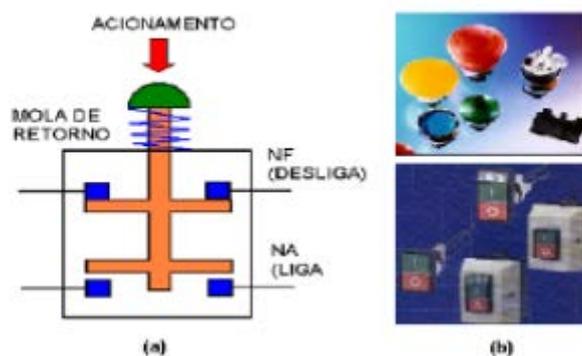
Em 2016, foram gastos 697.646.375 litros de óleo diesel para geração de energia elétrica para os sistemas isolados, esse combustível gerou 2.643.865.300kWh. (SCD ELB, 2017).

A maioria das usinas movidas a diesel não conectadas ao SIN são de pequeno porte. Dentre as usinas com potência instalada menor que 1 MW, aproximadamente 45% delas possuem potência menor que 100 kW, ou seja, 20% das usinas movidas a diesel no sistema isolado possuem potência menor que 100kW. (PO ELETROBRAS, 2015 apud WILKE (2015)).

A FIGURA 20 mostra a localização das usinas termelétricas instaladas no Brasil. Observa-se que a maioria das usinas termelétricas movidas a diesel estão localizadas na região norte do país. O estado de São Paulo também possui uma grande quantidade de usinas movidas a diesel, porém suas potências instaladas são menores.

a pressão do dedo. Na “chave industrial” ou botoeira há o retorno para a posição de repouso através de uma mola, como pode ser observado na FIGURA 21. O entendimento deste conceito é fundamental para compreender o porquê da existência de um selo no circuito de comando (SOUZA, 2009).

FIGURA 21 – BOTOEIRA



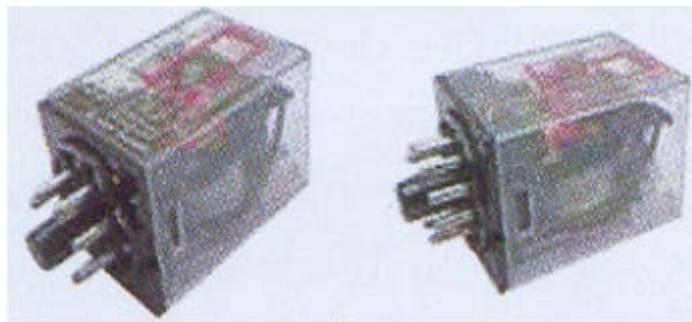
AUTOR: SOUZA (2009)

2.9.2 Relés

Os relés FIGURAS 22 E 33, são os elementos fundamentais de manobra de cargas elétricas, pois permitem a combinação de lógicas no comando, bem como a separação dos circuitos de potência e comando. Os mais simples constituem-se de uma carcaça com cinco terminais. Os terminais (1) e (2) correspondem a bobina de excitação. O terminal (3) é o de entrada, e os terminais (4) e (5) correspondem aos contatos normalmente fechado (NF) e normalmente aberto (NA), respectivamente. Uma característica importante dos relés, como pode ser observado na figura 3.5 é que a tensão nos terminais (1) e (2) pode ser 5 Vcc, 12 Vcc ou 24 Vcc, enquanto simultaneamente os terminais (3), (4) e (5) podem trabalhar com 110 Vca ou 220 Vca. Ou seja não há contato físico entre os terminais de acionamento e os de trabalho. Este conceito permitiu o surgimento de dois circuitos em um painel elétrico:

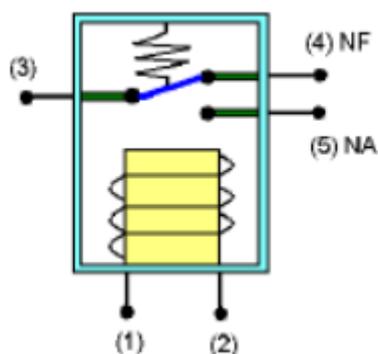
- i. Circuito de comando: encontra-se a interface com o operador da máquina ou dispositivo e, portanto, trabalha com baixas correntes (até 10 A) e/ou baixas tensões.
- ii. Circuito de Potência: é o circuito onde se encontram as cargas a serem acionadas, tais como motores, resistências de aquecimento, entre outras. Neste podem circular correntes elétricas da ordem de 10 A ou mais, e atingir tensões de até 760 V

FIGURA 22 – RELÉ



AUTOR: SOUZA (2009)

FIGURA 23 – RELÉ DETALHES



AUTOR: SOUZA (2009)

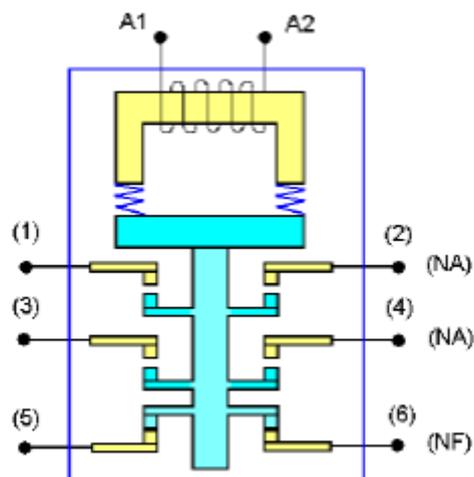
2.9.3 Contatores

São dispositivos FIGURA 24 de manobra mecânica, acionado eletromagneticamente, construídos para uma elevada frequência de operação, e cujo arco elétrico é extinto no ar, sem afetar o seu funcionamento.

Como pode ser observado na figura 3.8a e 3.8b, o contator consiste basicamente de um núcleo magnético (bipartido, uma parte móvel e a outra fixa) e uma bobina que quando alimentada por um circuito elétrico, forma um campo magnético que, concentrando-se na parte fixa do núcleo, atrai a parte móvel.

Quando não circula corrente pela bobina de excitação essa parte do núcleo é repelida por ação de molas. Contatos elétricos são distribuídos solidariamente a esta parte móvel do núcleo, constituindo um conjunto de contatos móveis. Solidário a carcaça do contator existe um conjunto de contatos fixos. Cada jogo de contatos fixos e móveis podem ser do tipo normalmente aberto (NA), ou normalmente fechados (NF) (SOUZA, 2009).

FIGURA 24 – CONTATOR DETALHES



AUTOR: SOUZA (2009)

Os contatores podem ser classificados como: Contatores de Potência ou Contatores Auxiliares. De forma simples pode-se afirmar que os contatores auxiliares tem os seus contatos dimensionados para corrente máxima de aproximadamente 6A e possuem de 4 a 8 contatos, podendo chegar a 12 contatos.

FIGURA 25 – CONTADORES



AUTOR: SOUZA (2009)

Os contatores de potência são para correntes máximas de até 600 A aproximadamente. De uma maneira geral possuem 3 contatos principais do tipo NA, para manobra de cargas trifásicas e podem dispor também, de contatos auxiliares acoplados.

Um fator importante a ser observando no uso dos contatores são as faíscas produzidas pelo impacto, durante a comutação dos contatos. Isso promove o desgaste natural dos mesmos, além de consistir em riscos a saúde humana. A intensidade das faíscas pode se agravar em ambientes úmidos e também com a intensidade de corrente elétrica circulando no painel. Dessa forma foram aplicadas diferentes formas de proteção, resultando em uma classificação destes elementos. Basicamente existem 4 categorias de emprego de contatores principais:

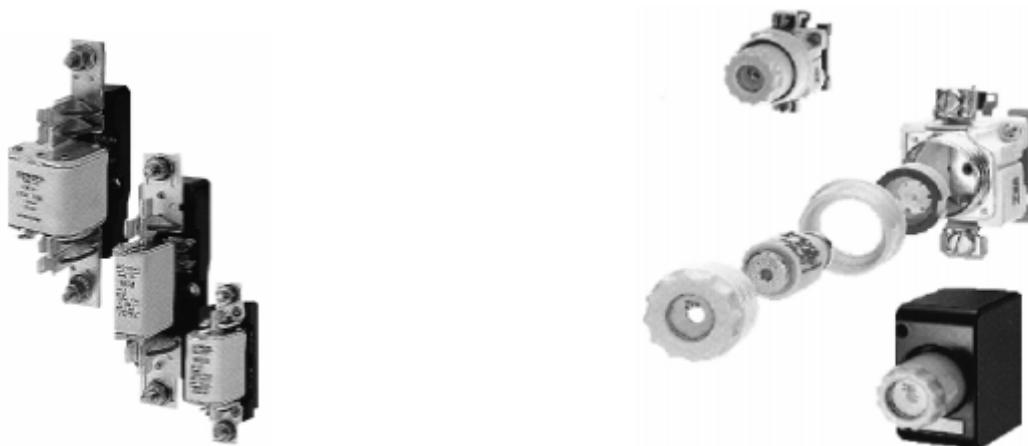
- AC1: é aplicada em cargas ôhmicas ou pouco indutivas, como aquecedores e fornos a resistência.
- AC2: é para acionamento de motores de indução com rotor bobinado.
- AC3: é aplicação de motores com rotor de gaiola em cargas normais como bombas, ventiladores e compressores. 18
- AC4: é para manobras pesadas, como acionar o motor de indução em plena carga, reversão em plena marcha e operação intermitente.

2.9.4 Fusíveis

Os fusíveis da FIGURA 26 são dispositivos usados com o objetivo de limitar a corrente de um circuito, proporcionando sua interrupção em casos de curtos-circuitos ou sobrecargas de longa duração. O curto-circuito é uma ligação, praticamente sem resistência, entre condutores sob tensão ou, pode ser

também, uma ligação intencional ou acidental entre dois pontos de um sistema ou equipamento elétrico, ou de um componente, através de uma impedância desprezível. Nessas condições, através de uma resistência transitória desprezível, a corrente assume um valor muitas vezes maior do que a corrente de operação; assim sendo, o equipamento e parte da instalação poderão sofrer um esforço térmico (corrente suportável de curta duração) ou eletrodinâmico (corrente nominal de impulso) excessivos. Sua atuação deve-se a fusão de um elemento pelo efeito Joule, provocado pela súbita elevação de corrente em determinado circuito. O elemento fusível tem propriedades físicas tais que o seu ponto de fusão é inferior ao ponto de fusão do cobre. Este último é o material mais utilizado em condutores de aplicação geral (SOUZA, 2009).

FIGURA 26 – FUSVEIS

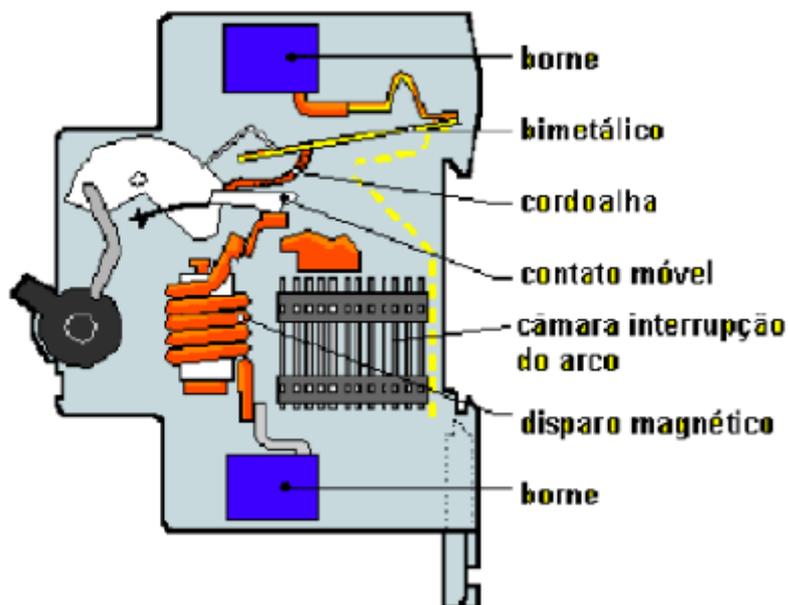


AUTOR: SOUZA (2009)

2.9.5 Disjuntores

Os disjuntores das FIGURA 27 e 28 são dispositivos magneto-térmicos para proteção de instalações e equipamentos elétricos contra sobrecarga e curto-circuito. Eles são equipados com um disparador térmico (bimetal) que atua nas situações de sobrecarga, e com um disparador eletromagnético que atua nos casos de curto-circuito.

FIGURA 27 – DISJUNTOR DETALHES



AUTOR: SOUZA (2009)

Ambos os sistemas são individualmente ajustados para valores adequados à proteção de cargas específicas, tais como circuitos de comando, pequenos motores, etc. Alguns disjuntores possuem disparo livre, ou seja, se, por exemplo, o acionador for travado na posição “ligado”, internamente o disjuntor dispara.

Devido a um dispositivo de corte ultra-rápido, a separação dos contatos efetua-se em menos de 1 ms. O arco elétrico é fortemente reduzido por câmaras de extinção de construção especial onde se interrompe a corrente de curto-circuito alternada antes de sua passagem pelo zero.

Os contatos são construídos com o emprego de ligas especiais à base de prata, o que oferece uma elevada segurança contra a colagem dos contatos e uma elevada durabilidade elétrica.

O disjuntor precisa ser especificado através de algumas grandezas bem definidas tais como: Tensão de isolamento, tensão nominal, corrente nominal, capacidade de interrupção e tipo de acionamento (SOUZA, 2009).

A FIGURA 27 mostra o aspecto físico dos disjuntores comerciais.

FIGURA 27 – DISJUNTORES



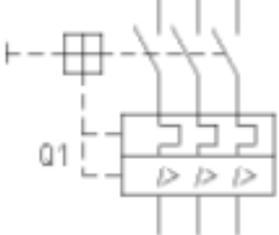
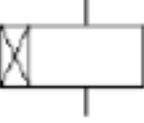
AUTOR: SOUZA (2009)

2.9.5 Simbologia Gráfica

Até o presente momento mostrou-se a presença de diversos dispositivos que podem ser partes constituintes de um circuito de comando elétrico. Em um comando, para saber como estes dispositivos são ligados entre si é necessário consultar um desenho chamado de esquema elétrico.

No desenho elétrico cada um dos elementos é representado através de um símbolo. A simbologia é padronizada através das normas ABNT, DIN, IEC, etc. Na tabela 3.1 apresentam-se alguns símbolos referentes aos componentes estudados nos parágrafos anteriores (SOUZA, 2009).

TABELA 1 – SIMBOLOGIA

SÍMBOLO	DESCRIÇÃO	SÍMBOLO	DESCRIÇÃO
	Botoeira NA		Botoeira NF
	Botoeira NA com retorno por mola		Botoeira NF com retorno por mola
	Contatos tripolares NA, ex: contator de potência		Fusível
	Acionamento eletromagnético, ex: bobina do contator		Contato normalmente aberto (NA)
	Relé térmico		Contato normalmente fechado (NF)
	Disjuntor com elementos térmicos e magnéticos, proteção contra correntes de curto e sobrecarga		Acionamento temporizado na ligação
	Disjuntor com elemento magnético, proteção contra corrente de curto-circuito		Lâmpada / Sinalização
	Transformador trifásico		Motor Trifásico

AUTOR: SOUZA (2009)

2.12 TRABALHOS ANTECEDENTES

Este experimento é uma continuação do trabalho de conclusão de curso do curso, do ex-aluno de engenharia elétrica, da universidade Federal do Paraná, Gustavo Strithhor. As principais diferenças entre o trabalho passado e o trabalho que foi realizado este ano, estão listadas na tabela ?.

TABELA 2 – SIMBOLOGIA

gustavo	Eu
B8, B10, B15 e B20	B10, B20, B50 e B100
Análise em Regime Transitório	Análise em Regime Transitório e Permanente
Análise de Emissões Atmosféricas	Análise de Temperatura
Carga não resistiva	Carga Resistiva

AUTOR: O Autor (2018)

3 METODOLOGIA

3.1 OBJETO DE ESTUDO

3.1.1 Grupo Moto Gerador

O objeto de estudo desta monografia é um grupo gerador instalado no NPDEAS, localizado na UFPR – Campus Politécnico. O grupo gerador estudado foi instalado para operar em regime *stand-by*, ou seja, o gerador entra em operação em caso de falta de energia da concessionária para suprir a carga do prédio, quando a rede da concessionária retorna, o gerador é desligado automaticamente. A FIGURA 9 mostra o gerador utilizado.

FIGURA 28 – GERADOR NPDEAS

AUTOR: O Autor (2018)

O grupo gerador é de fabricação Maquigeral, modelo 12W, e possui potência nominal de 55kVA, com fator de potência 0,8 totalizando 44kW de potência ativa. O motor diesel é de fabricação da MWM, modelo 229 de 4 cilindros, modelo aspirado, ou seja, sem turbina. As características do gerador objeto de estudo são mostradas na TABELA 5.

TABELA 3 – GERADOR DADOS

Fabricante - Modelo (grupo gerador)	Maquigeral - 12W
Fabricante - Modelo (motor diesel)	MWM - D229/4
Número de Cilindros	4 em linha
Ciclo do motor	4 tempos
Aspiração	Natural
Partida elétrica	Motor de arranque
Combustível	Óleo diesel
Rotação	1800 RPM (60Hz)
Nível de ruído	105 dB(A) a 1m
Consumo de diesel (prime)	11,9 L/h (densidade do diesel de 840 g/cm ³)
Número de polos	Quatro
Fator de potência	0,8 indutivo
Tensão de operação	220/127 V
Regulação de tensão	+/- 1%
Distorção harmônica a vazio	< 5%
Dimensões aproximadas (AxLxP)	1785x750x1152 mm
Massa aproximada	1.030 kg

FONTE: ADAPTADO DE MAQUIGERAL (2017)

O grupo gerador possui ainda como acessório um módulo de comando micro processado, que possibilita a leitura de parâmetros como tensão, corrente, frequência e potência fornecida pelo grupo gerador. Além dos parâmetros elétricos, o quadro de comando exibe parâmetros como rotação do motor, temperatura da água, etc. Para efetuar a transferência automática no caso de queda de energia o sistema é equipado também com um Quadro de Transferência Automática (QTA). No QTA também é possível realizar a operação manual do gerador, a FIGURA 29 mostra os comandos na porta do QTA.

FIGURA 29 – QTA



FONTE: O Autor (2018)

O QTA possui dois contadores intertravados, o que impossibilita o acionamento em paralelo do grupo gerador com a rede da concessionária. A chave seletora de operação permite selecionar entre a operação manual, onde o QTA irá obedecer aos comandos enviados por meio dos botões localizados na parte frontal do quadro. No modo de operação automático, o quadro mantém o contator da rede fechado sob condições normais, ao detectar uma queda de energia, quadro de transferência abre o contator da rede e fecha o contator do grupo gerador após a partida deste, possibilitando com que o prédio seja alimentado pelo grupo gerador. O diagrama unifilar do Quadro de Transferência Automática, fornecido pelo fabricante do quadro é mostrado na FIGURA 30.

3.1.2 Diesel

O Diesel utilizado nos testes só pode ser comprado, graças aos funcionários do Posto Dois Irmãos, localizado na BR-476, 9991 - Guabiruti, Curitiba - PR, Linha Verde. Na falta de combustível que o país sofreu por um período, os funcionários do posto se propuseram a vender mesmo não podendo uma quantia de 60 litros de diesel.

Pela falta do diesel S10, foi utilizado o diesel S500, tendo como única diferença o nível de enxofre de cada um em sua composição, sendo que o nível do S500 sendo mais alta, como já deixa implícita a nomenclatura "S500", ou seja 500 ppm máximo de enxofre.

Visto que esse diesel não iria alterar em nada nos dados obtidos, pode-se assim fazer os experimentos com esse combustível.

3.1.3 Biodiesel

O biodiesel utilizado para fazer as misturas com o diesel, foi doado pela empresa Potencia Biodiesel, localizada na cidade Lapa-PR, região metropolitana de Curitiba-PR. Esta empresa é a maior produtora do país de biodiesel, além do biodiesel, esta empresa produz também a glicerina refinada. Como projeto futuro a empresa Potencial Biodiesel, pretende aumentar ainda mais sua produção de biodiesel, fazendo a própria extração do óleo da vegetação em na empresa, sendo que hoje a empresa compra o óleo de outras empresas e produz o biodiesel a partir desse insumo comprado. A empresa também pretende em um futuro próximo produzir glicerina pura, a estrutura para este produto está sendo construída e tem previsão de termino para o fim do ano que vem.

Uma quantia de 60 litros foi doada e utilizada para fazer as misturas de combustível. Este biodiesel doado, tem sua composição feita por 80% de óleo diesel e os outros 20% de sebo animal.

3.1.4 Analisador de Redes

Para medir a resposta elétrica do gerador foi utilizado um analisador de redes fabricação Fluke, modelo 435 série I. É possível configurar o tempo de

amostragem do analisador utilizado, para os testes realizados nesse trabalho o tempo utilizado foi de 0,5 segundos, que é o menor tempo possível de ajuste. A cada leitura, o Fluke 435 disponibiliza o valor mínimo, máximo e médio medido entre o intervalo. A FIGURA 31 mostra o equipamento durante os testes e sua conexão ao quadro de transferência automática.

O analisador de rede foi programado para gravar os valores de tensão, corrente, potência (ativa, reativa e aparente), frequência e fator de potência.

FIGURA 31 – ANALISADOR DE REDES

Fonte: O Autor (2018)

3.1.5 Medidor de Temperatura

Para medir a temperatura do motor foi utilizado um termômetro infravermelho, da marca Vonder, modelo TIV 6500, como mostra a FIGURA 32.

FIGURA 32 – TERMOMETRO INFRAVERMELHO

FONTE: O Autor (2018)

3.1.6 Carga

A carga utilizada nos testes de regime permanente e transitório no gerador, foi construída a partir de chuveiros residenciais e canos de PVC para o sistema hidráulico. Para composição da carga teve-se o auxílio de uma bomba hidráulica para bombear água para os chuveiros, visto que se o chuveiro funcionar sem a passagem de água, irá danificar-se as resistências, chegando a queimá-las. Uma caixa de água, também residencial, foi utilizada para armazenagem da água, para ser reaproveitada posteriormente ou devolvida ao reservatório inicial de onde a bomba era conectada.

Cada chuveiro tem uma potência de 5400 W, sendo sua tensão nominal de 127 V, o conjunto total deu uma quantia de 32.600 W, sendo assim utilizados 6 chuveiros da marca Stylo. A FIGURA 33 mostra o projeto da carga. Os chuveiros foram ligados em estrela, ou seja, dois chuveiros por fase.

FIGURA 33 – CARGA (CHUVEIROS 217 V)



FONTE: O Autor (2018)

3.1.7 Quadro de Acionamento de Carga (QAC)

Para uma maior mobilidade de operação, teve a necessidade de projetar um quadro para acionamento do banco de carga e desligar do mesmo, num determinado período de tempo de cada experimento, além disso, este quadro proporciona uma melhor segurança de operação na hora dos testes e ter uma maior mobilidade no acionamento do banco de carga.

FIGURA 34 – QUADRO DE ACIONAMENTO DE CARGA (QAC)



FONTE: O Autor (2018)

O quadro de alumínio foi composto por contadores, contadores auxiliares, botoeiras, disjuntores, barramentos e luz de sinalização como manda a norma NBR5410 de instalação elétrica, como mostra a FIGURA 35. Parte do material utilizado foi doado pela empresa FEM Engenharia outra parte foi comprado particularmente.

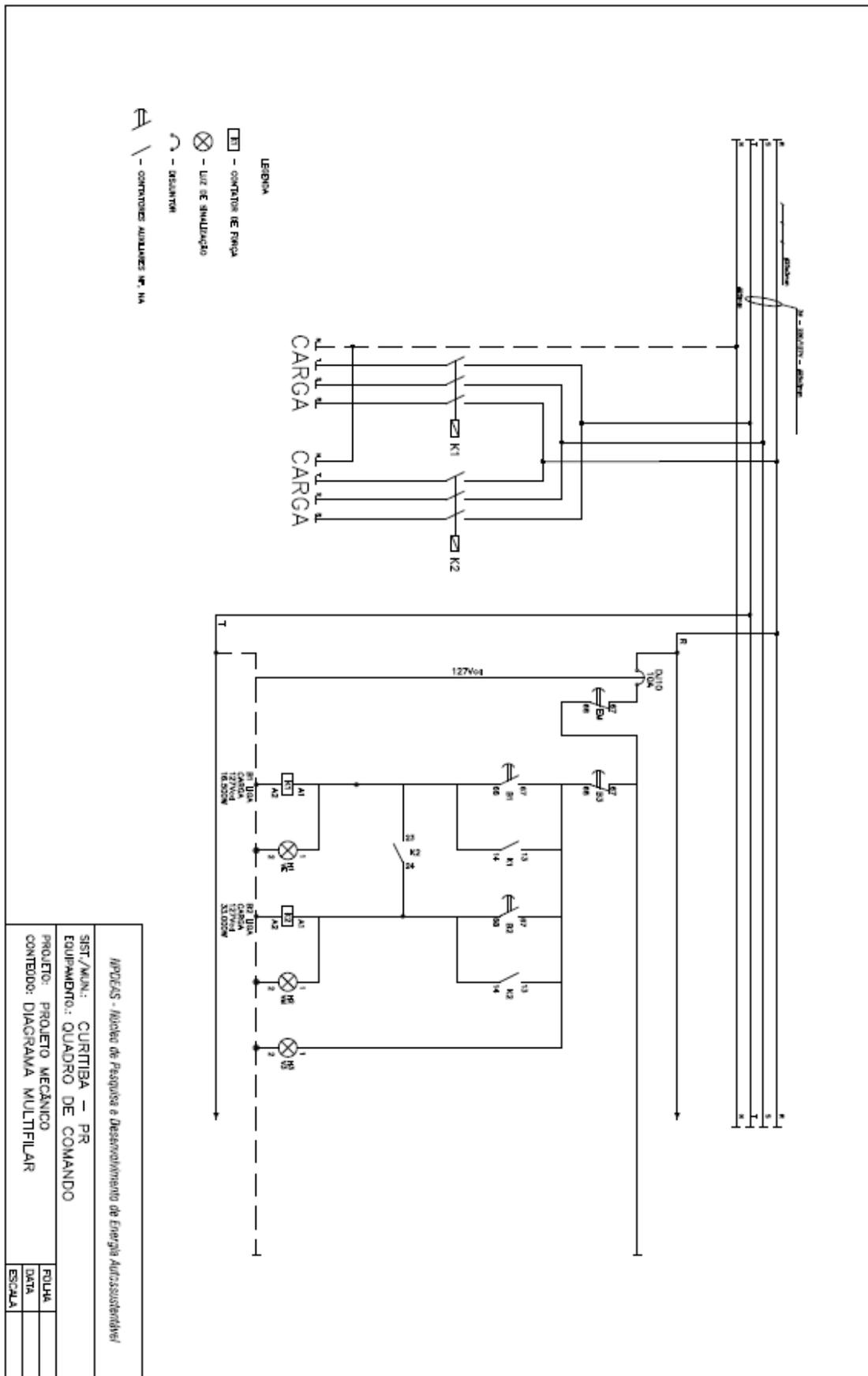
FIGURA 35 – QAC INTERIOR

FONTE: O Autor (2018)

O projeto foi realizado com o fim de acionamento e desligamento da carga, visando a mobilidade e segurança ao se fazer os experimentos no gerador, a FIGURA 36 mostra o projeto realizado.

O projeto visou dois modos de acionamento de carga, primeiro deles foi acionando meia carga, acionando 3 chuveiros apenas, ou seja 16.800 W de potência, o segundo, carga total, ou seja, todos os chuveiros em funcionamento, totalizando os 32.600 W. Foi projetado também uma botoeira de segurança e uma botoeira de desligamento de carga. Além desses equipamentos projetados, foi instalado luz de sinalização para indicação de Meia Carga, Carga Total, e Quadro Energizado, este ultimo visando a segurança do indivíduo operante do quadro.

FIGURA 36 – DIAGRAMA FUNCIONAL DO QAC



FONTE: O Autor (2018)

3.2 MODO DE ENSAIOS

De início foi feito as misturas de biodiesel no diesel (B10, B20, B50, B100), como o diesel comercializado nos postos, já tem em sua composição uma quantia de 10% de biodiesel, foi preciso elaborar uma equação que permitia calcular a quantia de combustível que seria necessário para cada mistura, levando em consideração estes 10% iniciais.

A equação (3) nos dá a quantidade de combustível que foi utilizada em cada mistura:

$$\left(\left(\frac{X}{100} \right) * QTD \right) - \left(\left(\frac{X_{hj}}{100} \right) * QTD \right) / \left(1 - \left(\frac{X_{hj}}{100} \right) \right) \quad (3)$$

Onde:

X: Porcentagem desejada de Biodiesel

QTD: Quantidade de Combustível a ser feita

X_{hj}: Porcentagem do Biodiesel no Diesel Atualmente

Cada experimento tinha uma quantia de 20 litros de combustível, essas misturas foram feitas adequadamente no laboratório do NPDEAS, usando instrumentos adequados, para que não houvesse contaminação do combustível e também para que as medidas calculadas fossem misturadas com a maior exatidão possível.

TABELA 4 – QUANTIDADE DE COMBUSTIVEL

P/ 20L	BIODIESEL	DIESEL
B10	0	20
B20	2.22	17.78
B50	8.89	11.11
B100	20	0

FONTE: O AUTOR (2018)

Após serem feitas as misturas, foi coletado uma quantia de 500mL, de cada misturas, essas amostras foram levadas ao LACAUT para serem analisadas.

Como passo seguinte foram feitas adaptações no gerador para que pudesse ser conectado o Quadro de Acionamento da Carga. Foi desconectado os cabos que saiam do gerador e iam até o QTA (FIGURA 37), para alimentação do quadro, no lugar foram conectados os cabos que alimentava o QAC, Quadro

de Acionamento de Carga, cabos de 25mm² como foi previsto no projeto da carga.

FIGURA 37 – DESLIGAMENTO DO QTA

FONTE: O Autor (2018)

Após o quadro conectado ao gerador, foi conectado a carga ao quadro, na saída dos contadores, que fazem o comando da carga, por último ligou a bomba para bombear água para os chuveiros. Como passo final, foi ligado uma válvula T para intercalar o combustível que alimenta o motor, para fim de desligamento do reservatório inicial e utilizar para os testes o reservatório adaptado para alimentação do gerador no decorrer dos experimentos.

Os quatros experimentos tiveram o mesmo protocolo de medição, que seguiu os seguintes passos:

- 1 – Ligar o gerador
- 2 – Deixar funcionando por 5 minutos
- 3 – Ligar meia carga pelo QTA
- 4 – Deixar ligado por 15 minutos
- 5 – Medir os parâmetros em regime permanente para meia carga
- 6 – Ligar carga total
- 7 – Deixar ligado por mais 10 minutos

- 8 – Medir os parâmetros em regime permanente para carga total
- 9 – Medir a Temperatura
- 10 – Desligar carga
- 11 – Ligar Carga Total
- 12 – Medir os parâmetros em regime transitório
- 13 – Desligar a carga
- 14 – Trocar o Combustível

3.2.1 Resposta em Regime Permanente

Para cada teste, após um período de 5 minutos de funcionamento, para que o combustível tivesse o tempo necessário para homogeneizar o gerador, ligou-se meia carga, por um período de 10 minutos, durante esse período foi coletado os dados pelo Analisador de Redes, dados de tensão, corrente média, tensão, corrente de pico, frequência e potências, ativas e reativas. Após esse período foi repetido este experimento pelo mesmo período de tempo, porém, com o gerador funcionando com carga total.

3.2.2 Resposta em regime Transitório

Como o término dos testes para regime permanente, desligou-se o gerador da carga, esperou-se estabilizar e assim ligou-se novamente a carga, carga total, para que pudesse medir a resposta transitória, foi escolhido dar o degrau de carga, utilizando a máxima potência possível, para captar a máxima variação possível.

3.2.3 Medição de Temperatura

No decorrer de todo o experimento foi medido e analisado a temperatura do motor, como medida de segurança, para evitar a danificação do gerador caso a temperatura se elevasse muito. O dado de temperatura obtido para análise foi o valor que o termômetro marcou ao fim dos testes de regime permanente com

carga total, visto que, com maior a carga maior a temperatura que o gerador irá operar.

3.2.4 Final de Medição

Ao final de todos os experimentos foi religado o reservatório inicial, que alimenta o gerador, e ligado novamente este, funcionando por 5 minutos, a fim de homogeneizar o gerador com o combustível "original", combustível que o gerador normalmente opera.

3.3 OBSERVAÇÕES PERTINENTES

Estes procedimentos foram realizados para todos os testes, ou seja, para toda as misturas de combustível (B10, B20, B50, B100).

As análises de emissões não foram realizadas pois o analisador estava com defeito, o sensor de oxigênio está com defeito e a sua manutenção gastaria um tempo e dinheiro que não foi possível abrir mão.

4 RESULTADOS

Este capítulo tem como objetivo de mostrar os resultados pertinentes obtidos nos testes, divididos em três categorias.

4.1 REGIME PERMANENTE

Após um período determinado foram coletados os dados de Tensão, Corrente e Potência. Foram feitas análises com o gerador funcionando com carga completa e meia carga.

As tabelas a seguir mostra os dados dos valores médios que foram obtidos nos testes.

4.1.1 Tensão

Os dados de tensão foram analisados e feito uma media dos favores obtidos naquele determinando período de tempo.

TABELA 5 – TENSÃO, REGIME PERMANETE, MEIA CARGA

MEIA CARGA				
TENSÃO RMS				
	B10	B20	B50	B100
A	131.0	131.0	131.0	130.9
B	131.1	131.3	131.2	131.4
C	131.1	130.9	130.9	130.9
TENSÃO PK				
	B10	B20	B50	B100
A	189.5	189.4	189.3	189.3
B	192.4	192.4	192.5	192.5
C	191.6	191.5	191.5	191.6

FONTE: O AUTOR (2018)

TABELA 6 – TENSÃO REGIME PERMANENTE, CARGA TOTAL

CARGA TOTAL				
TENSÃO RMS				
	B10	B20	B50	B100
A	130.6	130.7	130.6	130.6
B	130.8	130.8	130.9	130.8
C	130.5	130.4	130.5	130.6
TENSÃO PK				
	B10	B20	B50	B100
A	188.1	187.9	188.0	188.0
B	191.1	191.0	191.0	191.2
C	190.0	189.9	189.9	190.0

FONTE: O AUTOR (2018)

TABELA 7 – TENSÃO REGIME PERMANENTE, SEM CARGA

SEM CARGA				
TENSÃO RMS				
	B10	B20	B50	B100
A	131.2	131.1	130.8	131.0
B	131.5	131.3	131.1	131.3
C	131.1	131.0	130.8	131.0
TENSÃO PK				
	B10	B20	B50	B100
A	191.1	191.1	189.5	189.4
B	193.7	193.8	192.4	192.4
C	192.8	193.0	191.6	191.5

FONTE: O AUTOR (2018)

4.1.2 Corrente

Os dados de corrente foram analisados e feito uma média dos favores obtidos naquele determinando período de tempo.

TABELA 8 – CORRENTE REGIME PERMANENTE, MEIA CARGA

MEIA CARGA				
CORRENTE RMS				
	B10	B20	B50	B100
A	38.9	39.2	39.3	39.4
B	39.4	39.7	39.8	40.0
C	40.0	40.1	40.1	40.2
N	1.4	1.3	1.2	1.2
CORRENTE PK				
	B10	B20	B50	B100
A	56.3	56.8	56.8	57.0
B	57.8	58.3	58.4	58.5
C	58.4	58.7	58.7	58.7
N	2.1	1.9	1.9	1.9

FONTE: O AUTOR (2018)

TABELA 9 – CORRENTE REGIME PERMANENTE, CARGA TOTAL

CARGA TOTAL				
CORRENTE RMS				
	B10	B20	B50	B100
A	77.4	78.0	77.6	77.7
B	77.4	77.9	77.5	77.7
C	78.3	78.9	78.6	78.8
N	1.7	1.9	1.7	1.8
CORRENTE PK				
	B10	B20	B50	B100
A	110.9	111.5	111.2	111.3
B	112.3	113.0	112.4	112.8
C	113.0	114.0	113.5	113.7
N	2.5	2.5	2.4	2.6

FONTE: O AUTOR (2018)

4.1.3 Potencia

Os dados de corrente foram analisados e feito uma média dos favores obtidos naquele determinando período de tempo.

TABELA 10 – POTENCIA, REGIME PERMANENTE, MEIA CARGA

MEIA CARGA												
	B10			B20			B50			B100		
	KW	Kvar	KVA									
A	5.11	0.04	5.11	5.13	0.04	5.13	5.15	0.04	5.15	5.14	0.04	5.14
B	5.2	0.07	5.20	5.22	0.07	5.22	5.22	0.07	5.22	5.23	0.07	5.23
C	5.24	0.05	5.24	5.25	0.05	5.25	5.25	0.04	5.25	5.27	0.04	5.27
TOTAL	15.55	0.16	15.56	15.61	0.16	15.61	15.61	0.16	15.61	15.64	0.16	15.64

FONTE: O AUTOR (2018)

TABELA 11 – POTENCIA, REGIME PERMANENTE, CARGA TOTAL

CARGA TOTAL												
	B10			B20			B50			B100		
	KW	Kvar	KVA									
A	10.12	0.08	10.12	10.13	0.08	10.13	10.13	0.08	10.13	10.13	0.08	10.13
B	10.13	0.13	10.13	10.14	0.13	10.14	10.15	0.13	10.15	10.15	0.12	10.15
C	10.23	0.07	10.23	10.25	0.07	10.25	10.27	0.07	10.27	10.29	0.07	10.29
TOTAL	30.48	0.28	30.48	30.52	0.28	30.52	30.55	0.27	30.55	30.58	0.27	30.58

FONTE: O AUTOR (2018)

Os resultados dos testes com regime permanente, não houve grandes discrepâncias, visto que os valores de tensão, corrente, potência se mantiveram durante o decorrer dos testes, e não houve grandes alterações desses valores em relação aos demais testes.

Para os valores de potência medido houve uma diferença para o valor projetado, de acordo com as especificações de cada chuveiro, para os valores medidos.

4.2 REGIME TRANSITORIO

As tabelas a seguir mostram os resultados coletados para estes testes:

4.2.1 Tensão

Para os valores de tensão, foi analisado a máxima e a mínima tensão no momento do degrau de carga. As TABELAS ? e ? a seguir, mostram os valores obtidos.

TABELA 12 – TENSÃO, REGIME TRANSITORIO, CARGA TOTAL

CARGA TOTAL								
TENSÃO RMS								
	B10		B20		B50		B100	
	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN
A	131.4	130.5	131.4	130.4	131.3	130.9	131.2	130.8
B	131.7	130.7	131.7	130.7	131.6	131.1	131.4	130.9
C	131.3	130.4	131.2	130.4	131.2	130.9	131.0	130.9
TENSÃO PK								
	B10		B20		B50		B100	
	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN
A	132.0	122.6	133.3	122.3	132.9	123.5	131.5	124.4
B	133.0	122.9	133.9	122.6	132.8	123.8	132.3	125.0
C	131.2	122.6	133.3	122.3	132.5	123.2	131.9	124.8

FONTE: O AUTOR (2018)

TABELA 13– TENSÃO, REGIME TRANSITORIO, SEM CARGA

SEM CARGA								
TENSÃO RMS								
	B10		B20		B50		B100	
	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN
A	131.2		131.1		130.8		131.0	
B	131.5		131.3		131.1		131.3	
C	131.1		131.0		130.8		131.0	
TENSÃO PK								
	B10		B20		B50		B100	
	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN
A	191.1	117.2	190.9	116.4	181.8	115.8	178.3	114.9
B	193.7	117.4	186.9	116.4	179.7	115.9	181.3	114.6
C	192.8	117.1	183.3	116.3	176.4	115.9	182.5	114.6

FONTE: O AUTOR (2018)

4.2.2 Corrente

Para os parâmetros de corrente pode se notar um pequeno aumento na variação, que já era esperando pelo fato da tensão ter baixado e os valores de potência continuado os mesmos.

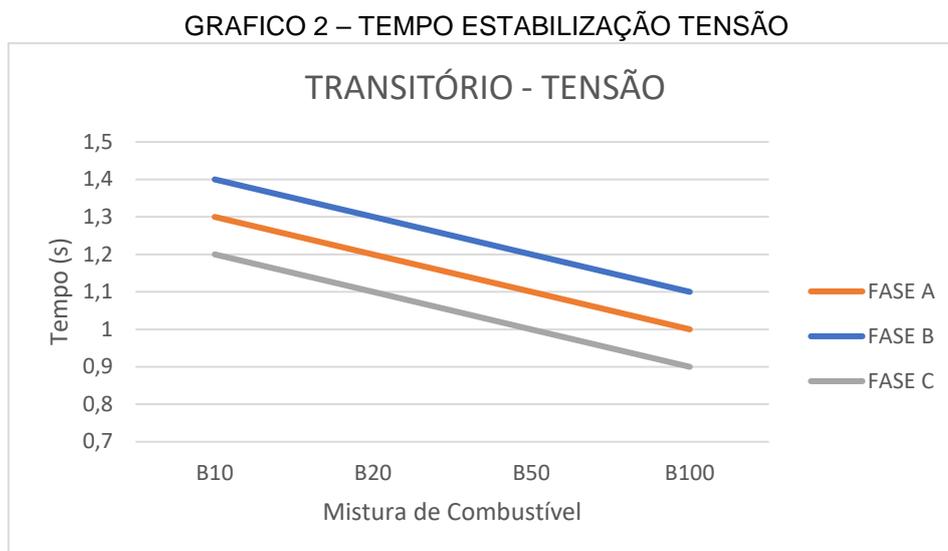
TABELA 14 – CORRENTE, REGIME TRANSITORIO, CARGA TOTAL

REGIME TRANSITORIO								
CARGA TOTAL								
CORRENTE RMS								
	B10		B20		B50		B100	
A	77.9		77.7		77.6		77.5	
B	77.8		77.9		78.0		78.1	
C	79.0		79.1		79.0		79.2	
N	1.8		1.7		1.6		1.4	
CORRENTE PK								
	B10		B20		B50		B100	
	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN
A	82.0	76.4	82.3	76.2	83.1	75.8	83.7	75.2
B	82.0	76.2	82.2	76.1	82.9	75.7	83.5	75.1
C	82.1	79.9	82.4	77.3	83.0	76.7	83.6	76.1
N	4.7	1.6	3.4	1.4	3.0	1.3	3.2	1.1

FONTE: O AUTOR (2018)

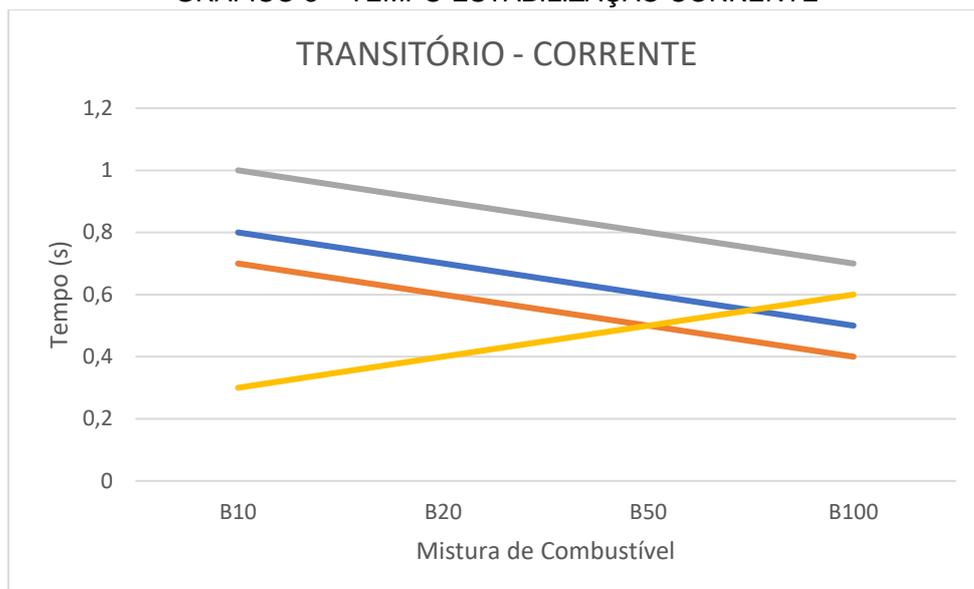
4.2.3 Tempo de Estabilização

Esse tempo mede, o quanto tempo levou para o sistema estabilizar, ou seja, o tempo que levou para sessar o overshoot da resposta em regime transitório. Os GRAFICOS 2, 3 e 4, mostram os valores anotados.



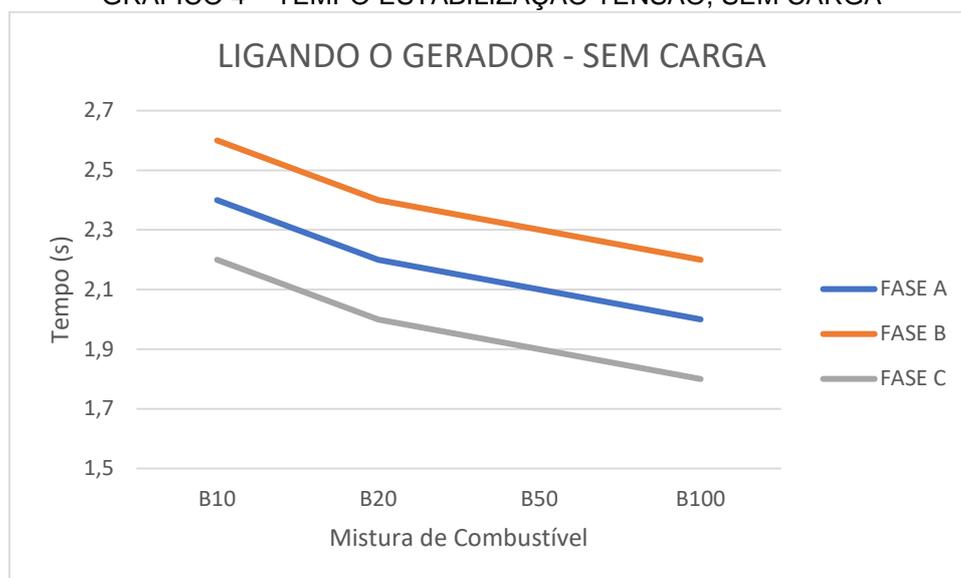
FONTE: O Autor (2018)

GRAFICO 3 – TEMPO ESTABILIZAÇÃO CORRENTE



FONTE: O Autor (2018)

GRAFICO 4 – TEMPO ESTABILIZAÇÃO TENSÃO, SEM CARGA



FONTE: O Autor (2018)

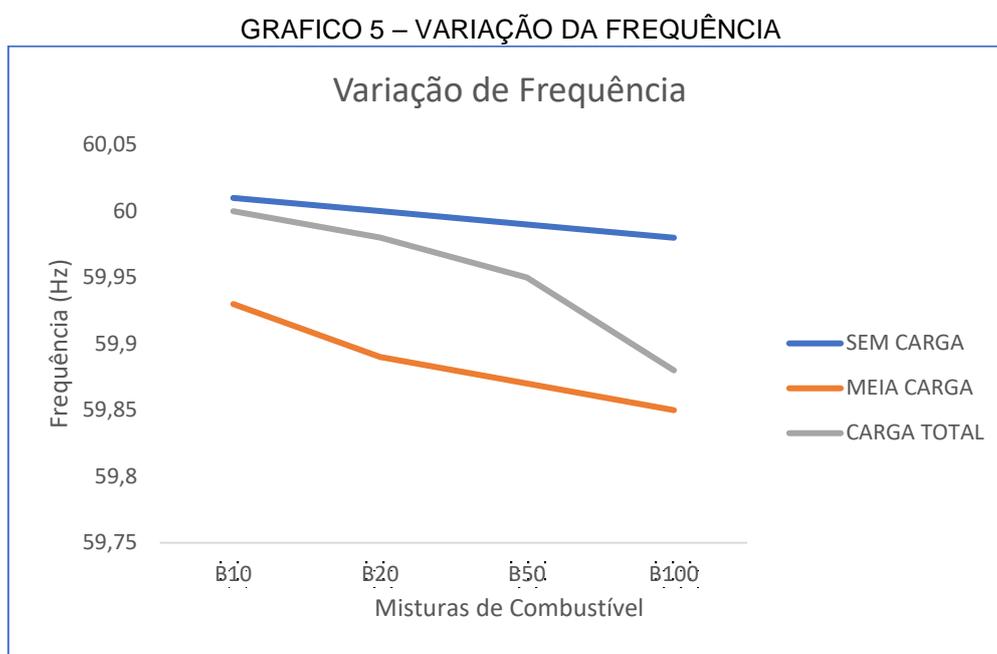
Já no regime transitório, ouve alterações em alguns dados coletados, como o valores de tenção e corrente de pico, ouve uma diminuição do valor da variação de tenção e corrente com o aumento da porcentagem de biodiesel no diesel, por exemplo, no teste para B10 a variação de tensão de pico chegou a 10,6 V na fase A, na mesma fase, para o teste realizado com o B100 essa variação foi de apenas 6.1 V. Esses valores ficam com maior discrepância quando comparamos o teste feito sem carga no gerador, chegando a medir 73.9

V a variação de tensão de pico para o B10, e 63.4 V para o B100, medindo a mesma fase.

Outro valor analisado foi o tempo de estabilização do sistema, ou seja, o tempo que levou para estabilizar o overshoot da resposta em degrau. Foi observado que com o aumento da concentração de biodiesel este tempo diminuir, o que confirmar o fato da variação de tensão diminuir.

4.3 FREQUENCIA

Pode notar uma pequena queda na frequência com o aumento da porcentagem do biodiesel no diesel, mesmo sendo irrisório, foi perceptível para o analisador de redes, como mostra o GRAFICO 5 a seguir.

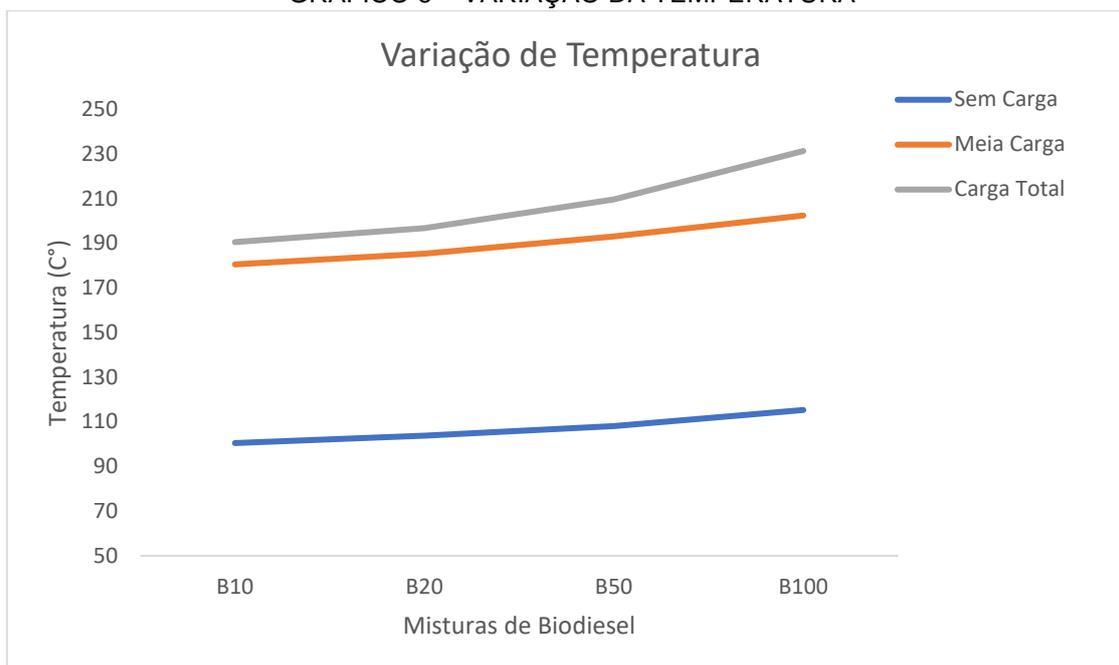


FONTE: O Autor (2018)

4.4 TEMPERATURA

Este foi o parâmetro medido que obteve uma maior variação razoável, como o aumento do biodiesel no diesel pode-se notar um aumento na temperatura, sendo esse valor significativo, uma diferença de 40 graus, entre os testes realizados com B10 e B100, foi analisado, com o gerador funcionando com carga total. O gráfico a seguir mostra esses resultados.

GRAFICO 6 – VARIAÇÃO DA TEMPERATURA



FONTE: O Autor (2018)

5 CONCLUSÕES E SUGESTÕES

Foi possível concluir que com o aumento da porcentagem do biodiesel houve alterações significativas no que diz respeito a operações em regime transitório, houve queda na variação de tensão de pico para todas as fases analisadas, cerca de 4V por fase. Podemos assim, afirmar que com o aumento da porcentagem do biodiesel, melhoram as condições de funcionamento do gerador em regime transitório. O controle da tensão feita pelo regulador não sofreu tantos esforços, já que era um dos objetivos a serem cumpridos.

Por outro lado, ao analisar as frequências dos testes, foi notado uma diminuição, com o aumento da porcentagem do biodiesel, para o B100 a frequência anotada foi de 59.8Hz já para o B10 a frequência foi de 60.1 Hz. Contudo a variação de frequência foi pequena, um valor que pode-se considerar irrisório, visto que a maioria dos equipamentos funcionam com uma determinada faixa de frequência de tolerância.

Os valores registrados de temperatura obtiveram uma maior variação, para o gerador funcionando com o combustível B10, anotou-se um valor de temperatura de 190,1 °C, e para o B100 a temperatura subiu para 231.3 °C, uma diferença de mais de 40 °C, com o gerador funcionando com carga total. Essa

elevação de temperatura, para o nosso ambiente de trabalho não ira causar danos ao gerador, porém, nos casos em que esse tipo de gerador funcione em um ambiente mais fechado com pouca ventilação, impossibilitando o resfriamento natural do bloco do motor, pode a vir a causar danos ao gerador.

Estas pequenas diferenças que foram notadas nos teste em Regime Transitório, se deve pela composição do biodiesel, por ser um combustível mais viscoso em temperaturas baixas, ele proporciona uma queima mais lenta, do que o diesel, com isso em vista, o gerador irá girar mais devagar, mas apenas no transitório, visto que depois de uma certa temperatura o biodiesel e o diesel tem seus funcionamentos iguais em termos de geração de energia. Este mesmo motivo pode explicar o aumento da temperatura, com um combustível mais viscoso o sistema tente a esquentar mais para manter o bom rendimento do motor.

4.1 SUGESTOES FUTURAS

Visto que o biodiesel tem uma composição diferente do diesel, sugere-se que o sistema de partida a frio, seja mais robusto, para que possa elevar a temperatura do combustível inicialmente dentro do gerador, diminuindo assim a viscosidade do combustível e facilitando a passagem deste para a câmara de combustão.

Já em relação a temperatura do bloco do motor, recomenda-se que não se use biodiesel em geradores em ambientes muito fechados. Com a relação a parte elétrica, não será preciso fazer nenhum ajuste robusto no gerador, visto que o regulador irá suprir as necessidades do novo combustível, caso haja a necessidade de um valor de frequência mais exato, sugere-se que ao se utilizar o biodiesel, o gerador passe por um ajuste mais fino no seu regulador.

Para trabalhos futuros sugere-se fazer a manutenção do analisador de gases, que neste trabalho não foi utilizado por motivos de mal funcionamento, o sensor de O_2 está danifica-lo, assim não pode ser realizado as medições das emissões gasosas do gerador. Para utilizações futuras precisara ser feita a troca deste sensor.

Para terminar, ao analisar os resultados pertinentes do trabalho do Gustavo, pode se notar uma divergência nos valores obtidos, por exemplo, os

valores de variação de tensão, no teste dele, aumentou e nesses experimentos diminuíram, isso se deve ao fato do tipo de carga utilizada como teste, no caso dele, foi carga não resistiva (motores), já neste trabalho a natureza da carga era puramente resistiva.

REFERENCIAS

G1 (Paraná) (Org.). Apagão deixa 105 mil unidades consumidoras sem luz em Curitiba:Queda de energia ocorreu entre o final da noite de quarta (7) e madrugada desta quinta-feira (8) em nove bairros da capital. 2018. Disponível em: <<https://g1.globo.com/pr/parana/noticia/apagao-deixa-105-mil-unidades-consumidoras-sem-luz-em-curitiba.ghtml>>. Acesso em: 08 mar. 2018.

STEMAC (Paraná) (Org.). O que são Grupos Geradores:Queda de energia ocorreu entre o final da noite de quarta (7) e madrugada desta quinta-feira (8) em nove bairros da capital. 2011. Elaborada por Marketing. Disponível em: <[http://Ramos \(2017\). blogstemac.com.br/artigos-tecnicos/o-que-sao-grupos-geradores/](http://Ramos (2017). blogstemac.com.br/artigos-tecnicos/o-que-sao-grupos-geradores/)>. Acesso em: 29 set. 2011.

MAGALHÃES, Lana.Biodiesel:Biodiesel. 2017. Disponível em: <[https://Ramos \(2017\). todamateria.com.br/biodiesel/](https://Ramos (2017). todamateria.com.br/biodiesel/)>. Acesso em: 08 nov. 2017.

ANP (Org.). Produção de Biocombustíveis.2016. Disponível em: <[http://Ramos \(2017\). anp.gov.br/legislacao/producao-de-biocombustiveis](http://Ramos (2017). anp.gov.br/legislacao/producao-de-biocombustiveis)>. Acesso em: 07 out. 2016.

ANP (Org.). Geração de Energia.2017. Disponível em: <[http://Ramos \(2017\). aneel.gov.br/dados/geracao](http://Ramos (2017). aneel.gov.br/dados/geracao)>. Acesso em: 24 fev. 2017.

INEE (Org.). Geração Distribuída.2017. Disponível em: <[http://Ramos \(2017\). inee.org.br/forum_ger_distrib.asp](http://Ramos (2017). inee.org.br/forum_ger_distrib.asp)>. Acesso em: 20 abr. 2017.

MENDES, Lucas (Ed.). Geração Distribuída no Brasil.2017. Disponível em: <<http://astrasolar.com.br/energia-distribuida/geracao-distribuida-no-brasil/>>. Acesso em: 1 jul. 2017.

Copel (Org.). Micro e Minigeração.2018. Disponível em: <[http://Ramos \(2017\) .copel.com/hpcopel/root/nivel2.jsp?endereco=/hpcopel/root/pagcopel2.nsf/docs/B57635122BA32D4B03257B630044F656](http://Ramos (2017) .copel.com/hpcopel/root/nivel2.jsp?endereco=/hpcopel/root/pagcopel2.nsf/docs/B57635122BA32D4B03257B630044F656)>. Acesso em: 02 Não é um mês valido! 2018.

CONAMA (Org.). **Legislação de Emissões.2011**. Disponível em: <[http://Ramos \(2017\) .mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=660](http://Ramos (2017) .mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=660)>. Acesso em: 26 dez. 2011.

STRITHORST, Gustavo; **ANÁLISE DAS EMISSÕES GASOSAS E RESPOSTA TRANSITÓRIA DE UM GRUPO GERADOR POR MEIO DE DIFERENTES COMPOSIÇÕES DIESEL-BIODIESEL COMO COMBUSTÍVEL**.2017. 68 f. TCC (Graduação) -Curso de Engenharia Elétrica, Departamento de Engenharia Elétrica, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2017.

ANEEL (Org.). **PRODIST Módulo 8:Qualidade de Energia**. 2010. Disponível em: <[http://Ramos \(2017\) 2.aneel.gov.br/arquivos/pdf/modulo8_revisao_1_retificacao_1.pdf](http://Ramos (2017) 2.aneel.gov.br/arquivos/pdf/modulo8_revisao_1_retificacao_1.pdf)>. Acesso em: 01 jan. 2010.

VARELLA, Carlos Alberto Alves; SANTOS, Gilmar de Souza. **NOÇÕES BÁSICAS DE MOTORES DIESEL**. Seropédica: Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 2010.

RAMOS, Luiz et al. Biodiesel: Matérias-Primas, Tecnologias de Produção e Propriedades Combustíveis. **Revista Virtual Química**, Curitiba - Pr, p.307-369, jan. 2017.

SOUZA, Profº Neemias S. **APOSTILA DE ACIONAMENTOS ELÉTRICOS**. 2009. 56 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Eletrotécnica, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnológica do Rio Grande do Norte, Rio Grande do Norte, 2009.