

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE ELETROTÉCNICA
CURSO DE ENGENHARIA INDUSTRIAL ELÉTRICA/AUTOMAÇÃO

MAURÍCIO MASSAO MORIMOTO
PABLO RAFAEL SANCHES DO CARMO
WELLYSON CHIHAYA

ESTUDO DE VIABILIDADE TÉCNICA E ECONÔMICA PARA
GERAÇÃO DE ENERGIA EM HORÁRIO DE PONTA NO CÂMPUS
ECOVILLE DA UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO
PARANÁ NA CIDADE DE CURITIBA

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

CURITIBA

2017

**MAURÍCIO MASSAO MORIMOTO
PABLO RAFAEL SANCHES DO CARMO
WELLYSON CHIHAYA**

**ESTUDO DE VIABILIDADE TÉCNICA E ECONÔMICA PARA
GERAÇÃO DE ENERGIA EM HORÁRIO DE PONTA NO CÂMPUS
ECOVILLE DA UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO
PARANÁ NA CIDADE DE CURITIBA**

Proposta de Trabalho de conclusão de curso de Graduação apresentado à disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso, dos Cursos de Engenharia Industrial Elétrica – Ênfase em Automação e Engenharia Industrial Elétrica – Ênfase em Eletrotécnica do Departamento Acadêmico de Eletrotécnica – DAELT – da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, como requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro Eletricista.

Orientador: Prof. Marcelo Barcik

CURITIBA

2017

MAURICIO MASSAO MORIMOTO
PABLO RAFAEL SANCHES DO CARMO
WELLYSON CHIHAYA

Estudo de viabilidade técnica e econômica para geração de energia em horário de ponta no câmpus Ecoville da Universidade Tecnológica Federal do Paraná na cidade de Curitiba

Este Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação foi julgado e aprovado como requisito parcial para a obtenção do Título de Engenheiro Eletricista, do curso de Engenharia Industrial Elétrica ênfase Eletrotécnica e Engenharia Industrial Elétrica ênfase Automação do Departamento Acadêmico de Eletrotécnica (DAELT) da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

Curitiba, 09 de junho de 2017.

Prof. Emerson Rigoni, Dr.
Coordenador de Curso
Engenharia Elétrica

Profa. Annemarlen Gehrke Castagna, Me.
Responsável pelos Trabalhos de Conclusão de Curso
de Engenharia Elétrica do DAELT

ORIENTAÇÃO

Marcelo Barcik, Me.
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Orientador

BANCA EXAMINADORA

Antônio Ivan Bastos Sobrinho, Eng.
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Luiz Erley Schafranski, Dr.
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Marcio Aparecido Batista, Msc.
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

AGRADECIMENTOS

Primeiramente ao nosso amigo Frederico Maciel Carvalho Dias que infelizmente não pode concluir o TCC conosco, mas disponibilizou-se a ajudar a equipe em qualquer necessidade que tivéssemos.

Ao nosso orientador Marcelo Barcik pela dedicação, disponibilidade e ensinamentos ao longo da jornada que nos auxiliaram na elaboração do trabalho.

Aos nossos pais Olímpio, Tania, João Roberto, Graciela, Deodoro e Ariclê pelo amor incondicional e incentivo para que chegássemos até esta etapa de nossas vidas.

Ao Paulo Sérgio de Carvalho, profissional da empresa SDMO Maquiageral, que nos forneceu uma proposta comercial que serviu de base para a conclusão do trabalho. Ao João Roberto do Carmo que utilizou de seus conhecimentos para nos auxiliar na parte civil do trabalho. Ao Departamento de Projetos e Obras da UTFPR que disponibilizou o plano diretor e as faturas da universidade. E ao nosso amigo Felipe Inácio Rosa pela assistência na realização do estudo horossazonal e fornecimento de informações relacionadas aos grupos motores geradores.

RESUMO

MORIMOTO, Maurício; CARMO, Pablo; CHIHAYA, Wellison. ESTUDO DE VIABILIDADE TÉCNICA E ECONÔMICA PARA GERAÇÃO DE ENERGIA EM HORÁRIO DE PONTA NO CÂMPUS ECOVILLE DA UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ NA CIDADE DE CURITIBA. 93 f. Trabalho de Conclusão de Curso – Engenharia Industrial Elétrica, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2017.

O presente trabalho tem como objetivo a análise de custos com energia elétrica no Câmpus Ecoville da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, localizado na cidade de Curitiba, através de um estudo para geração própria de energia elétrica. Com o objetivo de reduzir o custo excessivo em horário de ponta é proposto a implementação de um grupo motor gerador, dimensionado com base na demanda máxima e consumo mensal de energia elétrica do câmpus. Devido a indisponibilidade de espaço para instalação do grupo gerador e os demais aparelhos necessários, há a necessidade da construção de uma sala de máquinas para abrigar os mesmos. O transformador exigido para conversão de baixa tensão para média tensão será instalado nas cabines reservas localizadas na subestação. Para garantir que o grupo motor gerador esteja com sua capacidade plena de funcionamento, sempre que acionado, é essencial que o conjunto passe por um processo de manutenção adequado e cuidadoso. Com intuito de comprovação dos resultados deste estudo os custos foram levantados diretamente com fornecedores especializados em serviços, equipamentos e materiais necessários para instalação do grupo motor gerador. Com os dados levantados, foi possível chegar a uma economia mensal de R\$ 10.431,36 (dez mil quatrocentos e trinta e 1 reais e trinta e seis centavos) e um *payback* de 31 meses, concluindo-se assim que a economia mensal é considerável e o tempo de retorno do investimento é relativamente curto.

Palavras chave: Grupo motor gerador; Geração “Prime”; Horário de ponta; Geração própria; Paralelismo.

ABSTRACT

MORIMOTO, Maurício; CARMO, Pablo; CHIHAYA, Wellison. TECHNICAL AND ECONOMICAL STUDY OF VIABILITY FOR GENERATION AT PEAK TIME AT ECOVILLE CAMPUS OF TECHNOLOGICAL FEDERAL UNIVERSITY OF PARANA IN THE CITY OF CURITIBA. 93 f. Engenharia Industrial Elétrica, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2017.

The present work aims at the analysis of electric energy costs on Campus Ecoville of Technological Federal University of Paraná, located in the city of Curitiba, through a study for personal generation of electricity. With the purpose of reduce excessive coast during peak time is proposed the implementation of a motor group generator, scaled based on maximum demand and monthly consumption of electrical energy on campus. Due to unavailability of space for installation of the generator and others necessary devices there is the necessity of building an engine room to shelter de equipament. The transformer required for converting low voltage for medium voltage will be installed in the cabins reserves located in the substation. To ensure that the motor group generator be upon your full operating capacity whenever triggered it is essential that the equipment goes through a process of proper and careful maintenance. With the intention to prove the results of this study, the costs were raised directly with the specialized suppliers of services, equipments and materials required for installation of the motor group generator. With the data collected, it was possible to reach a monthly saving of R\$10.431,36 and a payback of 31 months, concluding that the monthly savings is considerable and the return of the investment is relatively short.

Key words: motor group generator; Prime Generation; Peak Time; Personal generation; Parallelism.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Potência instalada do Sistema Interligado Nacional.	15
Figura 2 – Esquema de entrada e saída de um motor de combustão.	29
Figura 3 – Componentes de um motor diesel.	30
Figura 4 – Etapas de funcionamento motor de combustão interna.....	31
Figura 5 – Gerador elementar.	33
Figura 6 – Gerador de armadura giratória.....	33
Figura 7 – Gerador de campo girante.	34
Figura 8 – Rotor de polos lisos.....	35
Figura 9 – Rotor de polos salientes.....	35
Figura 10 – Ângulo de carga em máquinas síncronas de polos salientes.	36
Figura 11 – Diagrama de tensão em gerador síncrono de polos salientes.	36
Figura 12 - Classificação “standby”.....	40
Figura 13 - Classificação “prime” com tempo ilimitado de funcionamento.	41
Figura 14 - Classificação “prime” com tempo de funcionamento limitado.....	42
Figura 15 - Classificação de carga básica.	43
Figura 16 - Acoplamento elco.	44
Figura 17 - Acoplamento elástico.....	45
Figura 18 - Pressostato de óleo lubrificante.....	46
Figura 19 - Termostato para água de refrigeração.	46
Figura 20 - Sensor de sobrevelocidade.	47
Figura 21 - Sensor de nível do líquido de refrigeração.	47
Figura 22 - Relé taquimétrico.	47
Figura 23 - Sincronoscópio analógico.	50
Figura 24 - Sincronoscópio digital.....	50
Figura 25 - Gráfico do consumo na ponta e fora de ponta.....	57
Figura 26 - Gráfico da demanda na ponta e fora de ponta.....	58
Figura 27 - GMG modelo S260 sem carenagem.....	60
Figura 28 - Sala de máquinas: espaço ocupado pelo gerador.....	62
Figura 29 - Características típicas de uma fundação para isolamento de vibrações.....	64
Figura 30 - Isolador de vibração feito com mola de aço, e grupo gerador montado sobre Isoladores de vibração feitos com molas de aço.....	64

Figura 31 - Planta "Câmpus Ecoville" com a indicação do local escolhido para o GMG.....	66
Figura 32 - Diagrama unifilar da entrada de energia do Câmpus Ecoville da UTFPR	67
Figura 33 - Planta Câmpus Ecoville UTFPR – detalhes dos ramais de alimentação e localização do GMG.....	68
Figura 34 - Imagem aérea do Câmpus Ecoville UTFPR – detalhes dos ramais de alimentação e localização do GMG.....	68
Figura 35 – Operação em paralelismo momentâneo – Caso 4.....	69
Figura 36 – Cabina 1 e a inclusão da instalação do transformador para o GMG.....	70
Figura 37 – Imagem aérea do Câmpus UTFPR Ecoville – Cabine a ser anexada a SE e a localização da casa de máquinas do GMG.....	70
Figura 38 – Gráfico de amortização.....	73

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Planilha de medição de consumo e demanda do Câmpus Ecoville.....	5
Tabela 2 - Preço das tarifas de demanda e consumo do Câmpus Ecoville.....	26
Tabela 3 - Planilha de medição de consumo e demanda do Câmpus Ecoville.	27
Tabela 4 – Componentes de um motor Diesel.....	30
Tabela 5 - Classificação e tipos de sistemas.	43
Tabela 6 – Planilha de medição de consumo da UTFPR - Câmpus Ecoville.....	56
Tabela 7 – Planilha de medição de demanda da UTFPR - Câmpus Ecoville.....	57
Tabela 8 - Tabela de demanda máxima.....	58
Tabela 9 - Consumo médio de energia.....	59
Tabela 10 - Especificações GMG.....	60
Tabela 11 - Níveis máximos de ruídos permitidos por tipo de área.....	65
Tabela 12 - Custos considerados para análise econômica.....	71
Tabela 13 - Tabela de amortização.....	72

Lista de siglas e abreviaturas

ABNT	Associação Brasileiro de Normas Técnicas
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
AT	Alta tensão
BT	Baixa tensão
C	Célsius
CA	Corrente alternada
CC	Corrente contínua
COFINS	Contribuição para financiamento da seguridade social
COPEL	Companhia Paranaense de Energia
CSLL	Contribuição social sobre o lucro líquido
CV	Cavalo vapor
dB	Decibéis
EE	Energia elétrica
FP	Fator de potência
fem	Força eletromotriz
GD	Geração distribuída
GMG	Grupo motor gerador
h	Horas
Hz	Hertz
ICMS	Imposto sobre circulação de mercadorias serviços
IRPJ	Imposto sobre a renda das pessoas jurídicas
Kcal	Quilo caloria
Kg	Quilo grama
kV	Quilo volt
kVA	Quilo volt ampere
kvar	Quilo volt ampere reativo
kW	Quilo watt
kWh	Quilo watt hora
m	Metros
mm	Milímetro

MT	Média tensão
MW	Mega watt
MWh	Mega watt hora
NBR	Norma brasileira
NR	Norma regulamentadora
NTC	Norma técnica da COPEL
OD	Óleo Diesel
ONS	Operador Nacional do Sistema Elétrico
PETROBRAS	Petróleo Brasileiro S.A.
PIS	Programas de integração social
PROCEL	Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica
QTA	Quadro de transferência automática
rpm	Rotação por minuto
SE	Subestação
SIN	Sistema interligado nacional
TC	Transformador de corrente
TP	Transformador de potência
USD	Utilização do sistema de distribuição
UTFPR	Universidade Tecnológica Federal do Paraná
V	Volts
W	Watts

SUMÁRIO

1. Introdução	15
1.1 Tema	17
1.1.1 Delimitação do tema	17
1.1.2 Problemas e premissas	18
1.2 Objetivo	18
1.2.1 Objetivo Geral	18
1.2.2 Objetivos específicos	19
1.3 Justificativa	19
1.4 Procedimentos metodológicos	20
1.5 Estrutura do trabalho	20
2. REFERENCIAL TEÓRICO	21
2.1 Análise do sistema elétrico do Câmpus Ecoville	21
2.1.1 Modalidade tarifária	21
2.1.2 Classificação do consumidor	22
2.1.3 Classificação da tarifa horossazonal	22
2.1.4 A tarifa horossazonal Verde	23
2.1.5 Medições de consumo e demanda do Câmpus Ecoville	24
2.1.6 Custo da tarifa horossazonal Verde	25
2.2 Motores e geradores	28
2.2.1 Motores de combustão interna	28
2.2.1.1 Princípio de funcionamento	31
2.2.1.2 Combustível	31
2.3 Geradores síncronos	32
2.3.1 Princípio de funcionamento	32
2.3.2 Gerador de polos salientes	34

2.3.3	Potência elétrica em geradores de polos salientes.....	35
2.3.4	Componentes	37
2.3.4.1	Estator da máquina principal.....	37
2.3.4.2	Rotor da máquina principal	37
2.3.4.3	Excitatriz principal	38
2.3.4.4	Rotor da excitatriz principal e diodos retificadores girantes..	38
2.3.4.5	Excitatriz auxiliar	38
2.3.4.6	Enrolamento ou bobina auxiliar.....	38
2.4	Princípio de funcionamento do grupo motor gerador.....	39
2.4.1	Classificação dos GMG's	39
2.5	Noções de operação dos GMG's	43
2.5.1	Acoplamento e alinhamento.....	43
2.5.2	Componentes de supervisão e controle.....	45
2.6	Paralelismo	48
2.6.1	Paralelismo momentâneo.....	49
2.6.2	Condições para operação em paralelo	49
2.6.3	Sincronismo entre geradores	50
2.7	Formas de conexão à rede elétrica	51
2.8	Manutenção	52
2.8.1	Manutenção Preventiva.....	52
2.8.2	Programa de Manutenção Preventiva.....	53
2.9	Capítulo subsequente.....	55
3.	ESTUDO DE VIABILIDADE ECONÔMICA DA IMPLEMENTAÇÃO DE UM GMG NO CÂMPUS ECOVILLE	56
3.1	Análise do consumo e demanda do Câmpus Ecoville	56
3.2	Dimensionamento do GMG	58
3.3	Seleção do GMG e Orçamento.....	60

3.4	Projeto Civil	62
3.5	Projeto Elétrico	67
3.6	Payback.....	71
4.	CONSIDERAÇÕES FINAIS	74
	REFERÊNCIAS	76
	Anexo 1.....	81
	Anexo 2	91

1. Introdução

O uso da energia está intrinsecamente ligado ao desenvolvimento econômico e industrial. Os países mais desenvolvidos são aqueles que possuem a maior demanda energética, e os menores preços de mercado. Contudo, no cenário brasileiro, o consumo e o preço aumentam exponencialmente, ocasionando altos custos industriais que refletem na sociedade.

Segundo Reis (2003), a energia pode ser considerada como um bem básico para a integração do ser humano ao desenvolvimento, isso porque a energia proporciona oportunidades e maior variedade de alternativas, tanto para a comunidade como para o indivíduo.

De acordo com Tolmasquim (2005), a energia elétrica tem progressivamente assumido crescente participação na matriz energética brasileira, guardando estreita relação com o comportamento da economia nacional, a eletricidade tem sido um excelente indicador da performance da própria economia.

Assim, uma condição essencial e necessária para o desenvolvimento atual, consiste na capacidade de tornar favorável o melhoramento e o aproveitamento da matriz energética.

Segundo os dados relevantes do Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS), a produção de energia elétrica, potência instalada em MW, está distribuída nas seguintes proporções (figura 1):

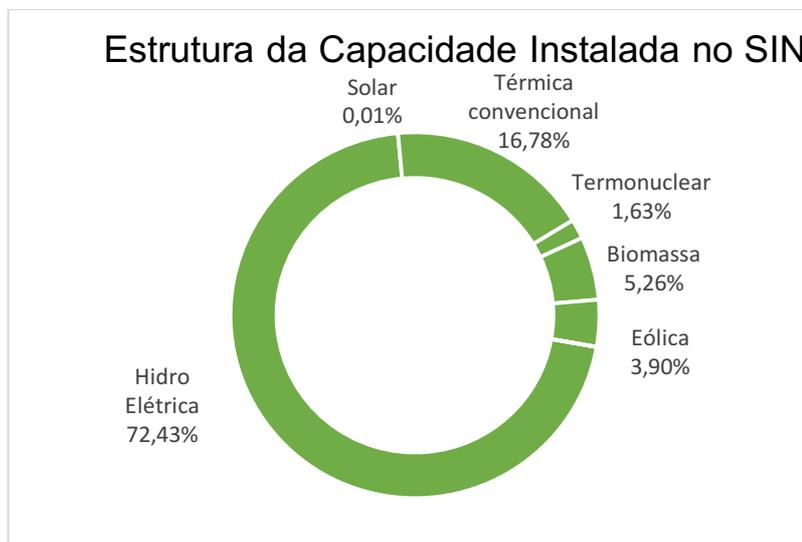


Figura 1 - Potência instalada do Sistema Interligado Nacional.

Fonte: ONS (2014).

A história da matriz energética brasileira consiste, basicamente, em grandes reservatórios e centrais termelétricas movidas a combustíveis fósseis, ou seja, grandes centrais de geração e uma extensa rede de linhas de transmissão e distribuição, conhecida como distribuição centralizada de energia. Este é um ótimo modelo; entretanto, quando a demanda excede a capacidade de produção do sistema, a medida mais plausível seria a construção de novas unidades geradoras, assim como o aumento da transmissão e distribuição.

Para a construção de novas hidroelétricas já é escasso o potencial, pois os melhores potenciais hidroelétricos, nas bacias hidrográficas do sul e sudeste, já foram utilizados, e o que resta torna-se inviável devido a questões ambientais. De acordo com Tundisi (2007), a continuidade da atual matriz energética brasileira implica uma expansão da exploração de hidroenergia na Amazônia, onde se encontram 52% do potencial hidroenergético. Já as centrais termoelétricas, possuem custos operacionais elevados e são demasiadamente poluentes.

É comum ocorrer uma maior demanda de potência elétrica em um determinado intervalo do dia, conhecido como horário de ponta. No Brasil esse período composto por 3 (três) horas diárias consecutivas definidas pela ANEEL, considerando a curva de carga da concessionária. Durante este intervalo, o sistema de transmissão de energia elétrica encontra-se sobrecarregado, e, dependendo da modalidade tarifária, o seu preço pode ser até 3 vezes superior se comparado ao preço fora da ponta (ANEEL, 2010).

O horário de ponta é aprovado pela ANEEL para toda a área da concessionária, com exceção feita aos sábados, domingos, e feriados nacionais. No Estado do Paraná, na concessionária Copel, o horário de ponta inicia às 18 h e finaliza às 21 h. Durante o horário de verão, é acrescida uma hora ao início e ao fim do horário de ponta (19 h às 22 h).

Para os consumidores de grande porte que permanecem em atuação durante o horário de ponta, tais como shopping centers, hipermercados, fábricas, etc, o custo da energia neste horário é muito elevado, o que justifica a geração próxima ao local de utilização.

Os novos desenvolvimentos em tecnologias de geração elétrica em pequena escala, considerando geradores a diesel ou fontes renováveis, têm colocado tais centrais como uma alternativa concreta de suprimento de energia elétrica. (LORA, 2006).

A expressão “geração distribuída” vem sendo utilizada para designar sobretudo os projetos de geração de pequeno porte, conectados de forma dispersa à rede elétrica, e configuram um modelo complementar ou alternativo aos das grandes centrais de potência no suprimento de energia elétrica (REIS, 2003).

A aplicação da geração distribuída em horário de ponta é um instrumento de grande valia para a diminuição dos custos operacionais, que garante uma maior confiabilidade e flexibilidade, assim como diversifica a matriz energética do seu sistema.

1.1 Tema

Estudo de viabilidade técnica e econômica para geração de energia em horário de ponta no Câmpus Ecoville da Universidade Tecnológica Federal do Paraná na cidade de Curitiba.

1.1.1 Delimitação do tema

Visando manter economicamente viável a distribuição de energia elétrica, as concessionárias sobretaxam o custo da energia durante o horário de ponta, que na área de concessão da COPEL se inicia às 18 h e finaliza às 21 h (durante o horário de verão, é acrescido uma hora ao início e ao fim do horário de ponta). Isto afeta alguns setores das indústrias como, por exemplo, setor alimentício (supermercados, frigoríficos, sorveterias, entre outros), e setor metalúrgico (siderurgia, ferro-gusa, ferro-ligas, metais não ferrosos, fundição, entre outros), juntamente com o consumo residencial neste período.

A presente proposta visa a análise do consumo do Câmpus Ecoville da Universidade Tecnológica Federal do Paraná na cidade de Curitiba, durante o período compreendido entre os meses de janeiro de 2016 a janeiro de 2017, a fim de levantar os custos devido à sobretaxa no horário de ponta, e analisar a viabilidade técnica e econômica da implementação de um sistema de geração de energia, próprio para este Câmpus, com o objetivo de reduzir o custo excessivo em horário de ponta.

A economia obtida possibilita ao governo e ao empresário, direcionar recursos para outras prioridades. Ações de eficiência energética agregam importantes ganhos sociais, ambientais, e de competitividade para a indústria (PROCEL, 2009).

1.1.2 Problemas e premissas

A implantação de grupo gerador requer um estudo minucioso de operação e conexão com a rede, e proteções do sistema elétrico, exigidas pela concessionária no paralelismo. Dependendo do tipo de utilização, o custo de instalação varia de dez a trinta por cento do equipamento, e sua vida útil é de vinte a vinte e cinco anos, com custo de manutenção a R\$ 0,30 por kWh, chegando a um custo de geração pós racionamento (fim de 2002), de R\$ 280,00 por MWh para óleo diesel, e R\$ 340,00 para biodiesel, (R\$480,00 por MWh e R\$ 610,00 por MWh - valores atualizados de 2004). Tais quantias podem sofrer variações intimamente ligadas ao custo do combustível (Udaeta *et al.*, 2003). Além da variação do custo do combustível, também devemos considerar que o petróleo é uma fonte de energia não renovável.

Outro problema é com relação à poluição atmosférica, pois os geradores emitem os mesmos poluente dos veículos com motores a diesel, que causam grande impacto na qualidade do ar. Considerando que é avaliada a viabilidade da utilização dos motores para geração de energia em horário de ponta, estar-se-á somando a poluição do ar com a dos automóveis no pior horário do dia, que seria durante o “rush” do trânsito, que ocorre entre 17 e 20 h.

Portanto, pode-se observar que o problema dessa economia financeira é o alto custo ambiental ligado a ela.

1.2 Objetivo

1.2.1 Objetivo Geral

Analisar a viabilidade técnica e econômica da implementação de um grupo motor gerador, em um dos campi da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, para geração de energia em horário de ponta.

1.2.2 Objetivos específicos

- Fazer o levantamento bibliográfico relacionado ao tema.
- Estudar as diversas modalidades tarifárias existentes para melhor compreensão do assunto.
- Compreender o princípio de funcionamento dos motores e dos geradores;
- Estudar o princípio de funcionamento do grupo motor gerador (GMG).
- Analisar a implantação de um sistema de geração de energia por meio de um GMG para diminuir os custos com energia elétrica no horário de ponta.
- Definir a metodologia visando a viabilidade técnica e econômica de implementação.
- Realizar um estudo de caso real analisando os dados de consumo do Câmpus Ecoville da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, durante o período de doze meses.

1.3 Justificativa

A alternativa de geração de energia apresentada é adequada para o Brasil, pois o óleo diesel, que provém da destilação do petróleo e contém de 12 a 22 átomos de carbono, é o combustível mais utilizado no país.

A geração de energia elétrica com óleo diesel é encontrada principalmente em centrais termelétricas, regiões isoladas da rede elétrica, e indústrias que utilizam grupos geradores como sistemas de emergência e operação na ponta, visando aumentar a confiabilidade da planta e economizar a fatura de energia (UDAETA *et al.*, 2003). Por se tratar do método utilizado com mais frequência nas indústrias, o trabalho de conclusão de curso será focado na utilização dos grupos geradores operando em horário de ponta.

1.4 Procedimentos metodológicos

O trabalho será realizado em três etapas.

Primeiramente serão estudados os aspectos teóricos referentes à geração de potência em horário de ponta; também será aprofundado o estudo referente à geração de energia por meio do grupo motor gerador (GMG).

Na segunda parte será analisado de que maneira os motores a diesel poderão auxiliar na geração de energia elétrica total, e na redução da fatura mensal.

A terceira parte será dedicado a verificar a viabilidade do projeto e seus resultados finais.

1.5 Estrutura do trabalho

A estrutura do presente trabalho estará nos capítulos a seguir.

Capítulo 1: introdução do trabalho, composta por tema, delimitação do tema, objetivo específico e justificativa.

Capítulo 2: este capítulo do trabalho apresenta o embasamento teórico, sobre geração de energia em horário de ponta; nele também está presente um estudo de caso para a análise de viabilidade de implementação do projeto.

Capítulo 3: nessa parte são descritos os procedimentos de estudo e a discussão dos resultados finais.

São disponibilizados então os resultados obtidos e a discussão dos resultados.

Em uma última seção, as conclusões e considerações finais.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Análise do sistema elétrico do Câmpus Ecoville

O presente item tem como principal objetivo realizar um estudo das características do sistema elétrico adotado no Câmpus Ecoville, e realizar uma breve contextualização dos conceitos teóricos a respeito das modalidades tarifárias vigentes no país.

Os principais tópicos a serem abordados nesse item serão: modalidades tarifárias, classificação do consumidor, tarifa horossazonal Verde, faturas de energia elétrica (demanda e consumo), e análise do custo da tarifa horossazonal Verde.

2.1.1 Modalidade tarifária

A impossibilidade de armazenamento de energia elétrica na forma alternada, exige do Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS), a constante coordenação e controle da operação das instalações de geração e transmissão de energia no Sistema Interligado Nacional (SIN), conforme a curva de carga diária da energia elétrica no país.

De forma a não sobrecarregar o SIN, e mudar o comportamento dos consumidores, as modalidades tarifárias visam criar uma estrutura com a aplicação de preços distintos, proporcionando um melhor aproveitamento da capacidade instalada, e para o consumidor gerar uma economia significativa.

Aliado a essa inconstância na geração e distribuição, tem-se um consumo concentrado durante o horário de ponta, sobrecarregando o sistema pela demanda nacional e, conseqüentemente, acarretando um alto custo tarifário. Para que o consumidor pague, de forma justa, pelo seu consumo de energia elétrica foi desenvolvido um mecanismo de diferenciação na estrutura tarifária ou no preço da tarifa.

Assim, fica evidente que o modelo de tarifação adotado é de extrema importância, quando se deseja analisar o consumo de energia elétrica, adequando o

modelo tarifário ao consumidor de acordo com suas características de consumo de energia.

2.1.2 Classificação do consumidor

O Câmpus Ecoville se enquadra como consumidor do grupo A, de acordo com a norma resolutiva da ANEEL nº 456/2010, o qual é composto de unidades consumidoras com fornecimento em tensão igual ou superior a 2,3 kV, ou atendidas a partir de sistema subterrâneo de distribuição em tensão secundária, caracterizado pela tarifa binômia.

Os consumidores tipo A são subdivididos nos subgrupos a seguir.

- a) Subgrupo A1 – tensão de fornecimento igual ou superior a 230 kV.
- b) Subgrupo A2 – tensão de fornecimento de 88 kV a 138 kV.
- c) Subgrupo A3 – tensão de fornecimento de 69 kV.
- d) Subgrupo A3a – tensão de fornecimento de 30 kV a 44 kV.
- e) Subgrupo A4 – tensão de fornecimento de 2,3 kV a 25 kV.
- f) Subgrupo AS – tensão de fornecimento inferior a 2,3 kV, a partir de sistema subterrâneo de distribuição.

De acordo com a subdivisão citada acima, o câmpus se enquadra no subgrupo A4, atendido pela concessionária em 13,8 kV.

2.1.3 Classificação da tarifa horossazonal

A tarifa horossazonal é caracterizada pela cobrança diferenciada de tarifas de consumo de energia elétrica, de acordo com as horas de utilização do dia, caracterizado como horário de ponta e fora de ponta, assim, como nos períodos úmidos e secos do ano (ANEEL, 2000).

O horário de ponta corresponde ao período composto por 3 (três) horas diárias consecutivas definidas pela ANEEL, considerando a curva de carga da concessionária.

No Estado do Paraná, na concessionária Copel, o horário de ponta inicia às 18 h e finaliza às 21 h. Durante o horário de verão, é acrescentado uma hora ao início e ao fim do horário de ponta (Copel, 2015).

O horário fora de ponta corresponde às demais horas do dia, e também aos sábados, domingos, e feriados nacionais.

De acordo com a ANEEL, os períodos sazonais são determinados da seguinte maneira:

- período úmido: intervalo de cinco meses consecutivos, quando existe maior incidência de chuva;
- período seco: intervalo de sete meses consecutivos, quando existe menor abundância de chuva.

O fato do Brasil ser altamente dependente de usinas hidrelétricas para a sua geração de energia elétrica, acaba ocorrendo uma diferenciação de tarifas entre esses períodos. O período seco correspondente às tarifas mais caras devido à escassez de chuva, e reservatórios com níveis abaixo do esperado, enquanto que o período úmido é caracterizado pelas tarifas mais baixas em virtude do alto índice pluviométrico.

2.1.4 A tarifa horossazonal Verde

As tarifas de energia elétrica podem ser divididas em dois subgrupos, que são:

- tarifa monômnia: tarifa de fornecimento de energia elétrica constituída por preços aplicáveis unicamente ao consumo de energia elétrica ativa em baixa tensão;
- tarifa binômnia: tarifas de fornecimento constituídas por preços aplicáveis ao consumo de energia elétrica ativa e à demanda faturável em média e alta tensão. Podem ser subdivididas entre convencional e horossazonal.

O modelo de tarifação adotado pelo Câmpus Ecoville é a tarifa A4 horossazonal verde, sendo um modelo opcional para consumidores que operam em tensão inferior a 69 kV.

Este modelo de tarifa é composto por quatro valores, considerando a seguinte estrutura tarifária:

- demanda de potência (kW): uma tarifa única independente do período do ano ou dia;
- consumo de energia (kWh):
 - tarifa para horário de ponta em período úmido;
 - tarifa para horário fora de ponta em período úmido;
 - tarifa para horário de ponta em período seco;
 - tarifa para horário fora de ponta em período seco.

O valor da tarifa de consumo na ponta é significativamente maior que o valor da tarifa fora da ponta, o que faz com este modelo seja atrativo quando é controlado o consumo durante este horário (ANEEL, 2000).

O presente estudo abordará somente a tarifa na qual se enquadra o Câmpus Ecoville, não sendo necessário comparações ou estudos complementares de outros modelos tarifários, como horossazonais azul ou convencional.

Também não será levado em consideração na análise custos com iluminação pública, bandeira tarifária – vermelha, custos com excedentes de reativos, e encargos (IRPJ, PIS, COFINS E CSLL).

2.1.5 Medições de consumo e demanda do Câmpus Ecoville

Para a análise de consumo e demanda do câmpus, serão utilizadas as faturas de medições dos meses de janeiro de 2016 a janeiro de 2017 conforme a tabela 1 da próxima página. A demanda contratada consiste na potência que a concessionária disponibilizará para a unidade consumidora. O contrato atual é de 180 kW com uma tolerância de ultrapassagem de 5%.

Tabela 1 - Planilha de Medição de Consumo e Demanda do Câmpus Ecoville.

Planilha - Demanda e Consumo						
Mês	Demanda (kW)				Consumo (kWh)	
	Medida	Normal	Ultrapassada	Isenta de ICMS	Ponta	Fora de Ponta
jan/16	168.48	180,00	—	—	4.82	44.18
fev/16	124.41	180,00	—	35.59	4.11	43.05
mar/16	177.12	180,00	—	—	5.63	47.44
abr/16	188.35	180,00	—	—	9.69	62.52
mai/16	204.76	180,00	24.76	—	9.11	61.67
jun/16	216.00	180,00	36	—	9.75	63.36
jul/16	213.4	180,00	33.4	—	10.61	64.87
ago/16	152.06	180,00	—	27.94	6.18	49.44
set/16	217.72	180,00	37.72	—	10.78	65.04
out/16	212.54	180,00	32.54	—	12.28	77.29
nov/16	221.18	180,00	41.18	—	7.89	61.02
dez/16	210.81	180,00	30.81	—	8.24	58.33
jan/17	131.32	180,00	—	48.68	3.59	36.67

Fonte: Faturas de Energia Elétrica da Concessionária Copel.

2.1.6 Custo da tarifa horossazonal Verde

A tabela 2 da página seguinte demonstra o alto custo da tarifa cobrada pela concessionária durante o horário de ponta, consumo e demanda chegam a custar três vezes mais em relação ao horário fora de ponta.

Tabela 2 - Preço das tarifas elétricas de demanda e consumo do Câmpus Ecoville.

Custo da Tarifa Elétrica					
Mês	Demanda - R\$/kW			Consumo - R\$/kWh	
	Normal	Ultrapassada	Isenta de ICMS	TE - Tarifa de Energia	
				Fora da Ponta	Ponta
jan/16	10,84	—	—	0,54	1,64
fev/16	10,93	—	7,49	0,54	1,65
mar/16	10,91	—	—	0,54	1,65
abr/16	10,82	—	—	0,54	1,64
mai/16	10,74	21,49	—	0,53	1,62
jun/16	10,72	21,44	—	0,53	1,62
jul/16	13,44	26,88	—	0,48	1,60
ago/16	16,14	—	11,18	0,42	1,58
set/16	16,07	32,14	—	0,42	1,57
out/16	16,03	32,06	—	0,42	1,57
nov/16	15,92	31,85	—	0,42	1,56
dez/16	15,82	31,65	—	0,41	1,55
jan/17	15,78	—	11,01	0,41	1,55

Fonte: Faturas de Energia Elétrica da Concessionária Copel.

A tabela 3 da página seguinte demonstra o custo total da fatura do câmpus, em reais, tanto para demanda quanto para consumo de energia do câmpus, nos horários de ponta e fora de ponta.

Tabela 3 - Planilha dos custos totais das faturas do Câmpus Ecoville.

Planilha dos Custos Totais												
Mês	Potência Ativa (kW)		Potência Reativa Excedente		Potência Reativa (kVAr)		Potência Aparente (kVA)		Demanda máxima fora de ponta			Demanda máxima fora de ponta
	Ponta	Fora de Ponta	Ponta	Fora de Ponta	Ponta	Fora de Ponta	Ponta	Fora de Ponta	Contratada	Faturada	Excedida	Faturada
fev/16	4110	43055	43	699	4153	43754	4110,22	43060,67	180	124,41	0	82,08
mar/16	5638	47447	26	868	5664	48315	5638,05	47454,93	180	177,12	0	150,33
abr/16	9695	62526	0	934	9695	63460	9695	62532,97	180	188,35	8,35	177,98
mai/16	9118	61676	6	831	9124	62507	9118,00	61681,59	180	204,76	24,76	190,94
jun/16	9750	63361	1	814	9751	64175	9750,00	63366,22	180	216	36	202,17
jul/16	10615	64870	0	433	10615	65303	10615	64871,44	180	213,4	33,4	210,81
ago/16	6181	49447	0	857	6181	50304	6181	49454,42	180	152,06	0	137,37
set/16	10784	65044	0	717	10784	65761	10784	65047,95	180	217,72	37,72	200,44
out/16	12284	77298	27	794	12311	78092	12284,02	77302,07	180	212,54	32,54	207,36
nov/16	7893	61023	8	405	7901	61428	7893,00	61024,34	180	221,18	41,18	190,94
dez/16	8249	58331	0	427	8249	58758	8249	58332,56	180	210,81	30,81	176,25
jan/17	3594	36676	15	522	3609	37198	3594,03	36679,71	180	131,32	0	98,49

Fonte: Faturas de Energia Elétrica da Concessionária Copel.

2.2 Motores e geradores

O presente item tem como principal objetivo realizar uma breve revisão dos conceitos teóricos a respeito da tecnologia atual de motores e geradores, a ser aplicada no estudo, foco desse trabalho. Os principais tópicos a serem abordados a seguir são: componentes principais, princípio de funcionamento, estruturas, e tecnologias atuais.

Os conceitos a serem abordados de motores de combustão interna limitam-se à uma pequena parte da teoria. Além desse tópico, serão expostos alguns dados sobre o principal combustível utilizado por esses motores. Também serão revisados nesse capítulo alguns conceitos de máquinas elétricas, mais especificamente os geradores de polos salientes.

2.2.1 Motores de combustão interna

Os motores de combustão interna são amplamente utilizados em diversas áreas; suas principais aplicações destinam-se ao fornecimento de potência para movimentação de veículos, como carros, caminhões, navios, entre outros; porém, também são utilizados em pequena ou larga escala em outras áreas da engenharia como, por exemplo, geração de energia.

Para um entendimento mais claro do conceito de motor de combustão interna, precisa-se de alguns conceitos básicos de máquinas térmicas. Segundo Jorge Martins (2006), máquinas térmicas são aquelas que transformam energia térmica em energia mecânica útil. Como o próprio nome o diz, os motores de combustão têm sua energia térmica obtida através da combustão da mistura combustível-comburente; à essa mistura dá-se o nome de fluido ativo.

De acordo com o comportamento do fluido ativo pode-se classificar os motores de combustão em duas principais classes: motor de combustão interna, e motor de combustão externa.

Quando a combustão acontece externamente ao fluido ativo, que será somente o veículo da energia térmica a ser transformada em trabalho como, por exemplo, uma máquina a vapor, diz-se que esse motor é de combustão externa. Para o caso de o fluido ativo participar diretamente da transformação de energia térmica em trabalho denomina-se o motor de combustão interna (BRUNETTI, 2012). A seguir, na figura 2, ilustra-se um esquema de um motor a combustão.

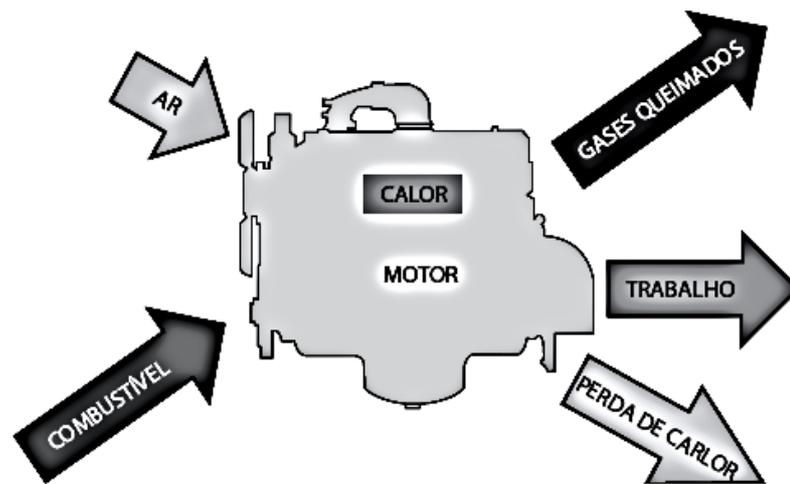


Figura 2 –Esquema de entrada e saída de um motor de combustão.

Fonte: BRUNETTI (2012).

Dentro da família de motores de combustão interna tem-se ainda uma divisão vinculada à forma de obtenção do trabalho mecânico: motores alternativos, motores rotativos, e motores de impulso (BRUNETTI, 2012). O presente trabalho se restringe ao estudo apenas dos motores de combustão interna alternativos, que são os que obtêm trabalho mecânico através do movimento de um pistão, transformado em rotação contínua, por meio de um sistema biela-manivela (BRUNETTI, 2012).

A seguir, na figura 3, tem-se uma imagem ilustrativa dos componentes principais de um motor de combustão interna alternativo com ciclo Diesel e na tabela 4 os correspondentes componentes.

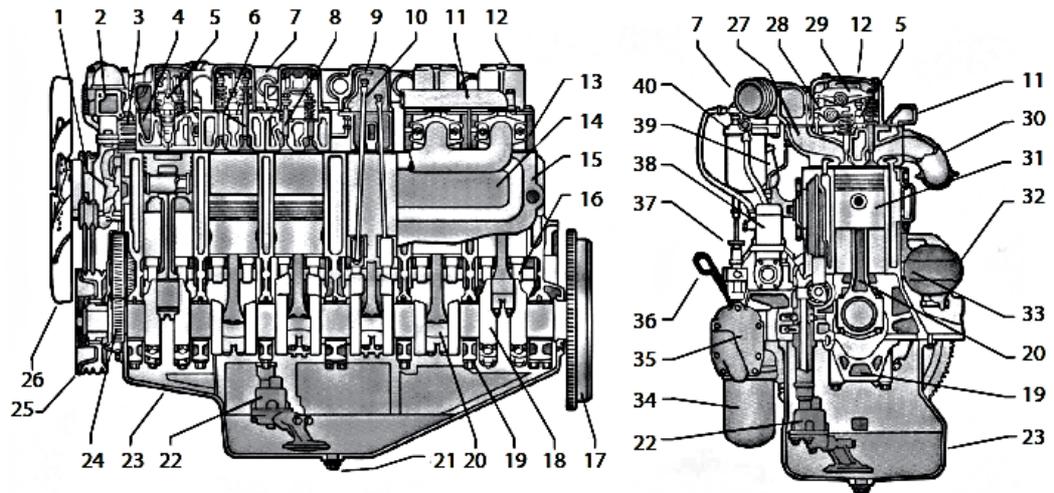


Figura 3 – Componentes de um motor diesel.

Fonte: BRUNETTI (2012).

Tabela 4–Componente de um motor diesel.

1.Bomba-d' água	11.Duto de água	21.Bujão do cárter	31.Pistão
2.Válvula termostática	12.Tampa de válvula	22.Bomba de óleo	32.Motor de partida
3.Compressor de ar	13.Cabeçote	23.Cárter	33.Dreno de água
4.Duto de admissão	14.Tampa lateral	24.Engrenagem do virabrequim	34.Filtro de óleo
5.Injetor de combustível	15.Bloco	25.Amortecedor vibracional	35.Radiador de óleo
6.Válvula de escapamento	16.Eixo comando de válvulas	26.Ventilador	36.Vareta de nível de óleo
7.Coletor de admissão	17.Volante	27.Duto de admissão	37.Bomba manual de combustível
8.Válvula de admissão	18.Virabrequim	28.Balancim da válvula de admissão	38.Bomba injetora de combustível
9.Linha de combustível	19.Capa de mancal	29. Balancim da válvula de escapamento	39.Respiro do cárter
10.Haste de válvula	20.Biela	30.Coletor de escapamento	40.Filtro de combustível

Fonte: BRUNETTI (2012).

2.2.1.1 Princípio de funcionamento

O ciclo de funcionamento de um motor Diesel de quatro tempos, objeto de estudo nesse trabalho, juntamente com o gerador de polos salientes, se dá através da seguinte sequência: admissão, compressão, injeção, combustão, expansão e escape.

A figura 4 ilustra o funcionamento do motor de combustão interna. No primeiro tempo tem-se a admissão de ar na câmara do cilindro (item a); o próximo tempo é a compressão do ar admitido (item b), seguida da injeção do combustível e a combustão espontânea do fluido ativo (item c), deslocando o cilindro e transformando, assim, a energia térmica gerada pela combustão em energia mecânica. A etapa final do ciclo desse tipo de motor é o escape dos gases gerados pela combustão (item d).

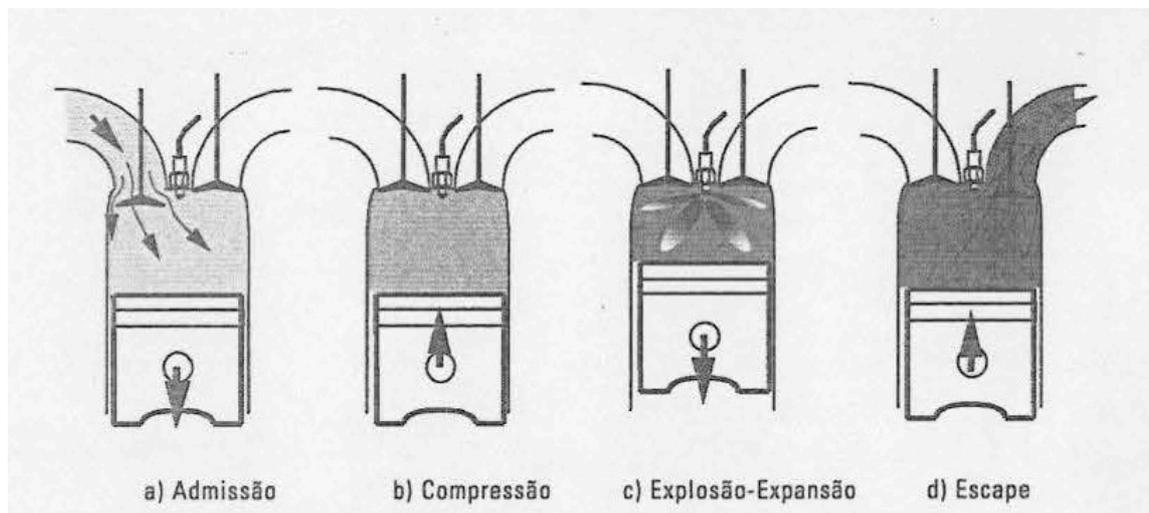


Figura 4 – Etapas de funcionamento motor de combustão interna.

Fonte: MARTINS (2006).

2.2.1.2 Combustível

Para se ter a queima perfeita dos combustíveis e autoignição dos mesmos, os motores diesel necessitam de combustíveis de alto ponto de ignição.

Segundo o Eng. José Claudio Pereira (2009):

“...a pré-combustão é a tendência do combustível à autoignição quando da injeção, no motor diesel, e é característica importante para o desempenho do combustível, nesse tipo de motor; é medida pelo índice de cetana. ”

Ainda segundo o Eng. José Claudio Pereira, o óleo diesel pode ser obtido através da destilação do petróleo por hidrogenação, síntese ou craqueamento catalítico a baixas temperaturas. Possui ponto de ebulição entre 200 e 360°C e seu poder calorífico médio, ou calor de combustão, é de 11.000 kcal/kg.

Para esse estudo considerar-se-ão como combustíveis: diesel e biogás.

2.3 Geradores síncronos

Os geradores têm a função de converter energia mecânica em energia elétrica sob forma de força eletromotriz. As aplicações dos geradores são diversas; porém, como o nome o diz, ele é responsável pela geração de energia para diversas grandezas de cargas variando desde uma cidade ou país até um hospital, por exemplo. As principais fontes de energia mecânica para geração de energia elétrica são: combustíveis fósseis (motores diesel ou a gás), água (turbinas hidráulicas), vapor (turbinas a vapor), ar (turbinas eólicas). Esse estudo abrangerá somente o uso de geradores acoplados a motores diesel ou a gás.

2.3.1 Princípio de funcionamento

O gerador elementar foi inventado na Inglaterra em 1831 por Michael Faraday, e nos Estados Unidos, mais ou menos na mesma época, por Joseph Henry. Esse gerador era basicamente constituído de um ímã que se movia dentro por dentro de uma espira, ou vice-versa, provocando assim o aparecimento de uma f.e.m. registrada por um galvanômetro (WEG, 2012), conforme a figura 5 a seguir.

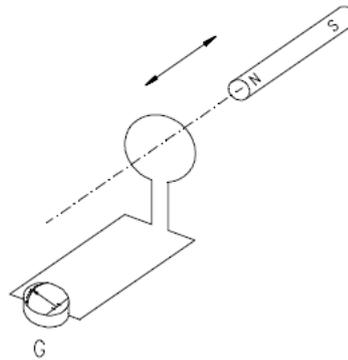


Figura 5 – Gerador elementar.

Fonte: WEG.

Conforme visto nas experiências de Faraday e Henry, o princípio básico de funcionamento dos geradores é através do movimento relativo entre uma espira e um campo magnético. A principal divisão na família de geradores está no formato de construção e no movimento relativo da espira em relação ao campo magnético.

Quando se tem o movimento das espiras e o campo magnético estático, diz-se que o gerador é do tipo armadura giratória (máquinas CC). Conforme a figura 6 a seguir.

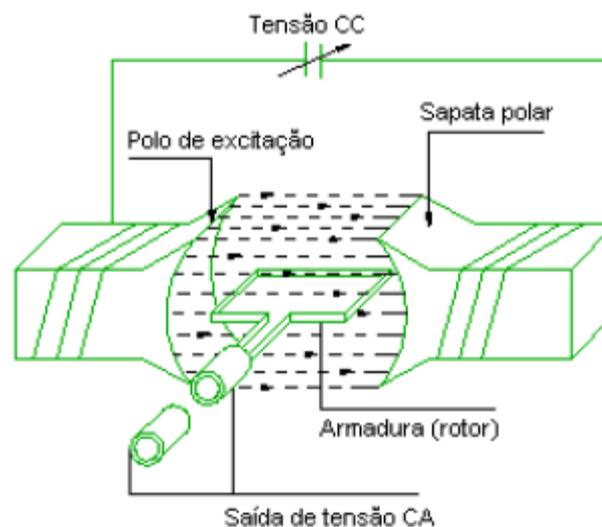


Figura 6 – Gerador de armadura giratória.

Fonte: WEG.

Para o caso contrário, diz-se que o gerador é do tipo campo girante. Para o presente estudo será considerado o uso de um gerador de campo móvel e armadura fixa (máquinas AC), conforme a figura 7 a seguir.

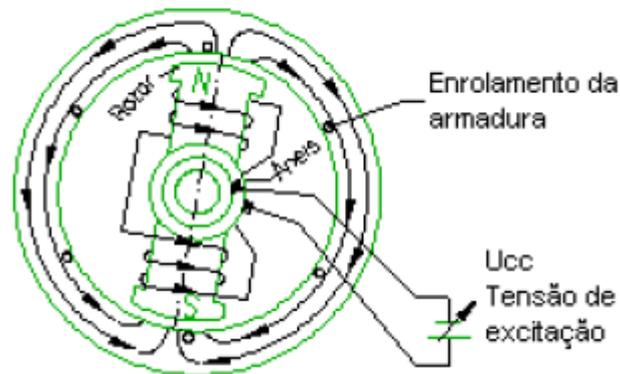


Figura 7 – Gerador de campo girante.

Fonte: WEG.

Em ambos os tipos de gerador, a energia elétrica (fem) é obtida na armadura; porém para os geradores de armadura giratória, essa energia é obtida através de escovas (componente com desgaste muito alto), e nos geradores de campo giratório, diretamente do enrolamento da armadura localizado no estator, sem necessidade de escovas. Por esse motivo e pelo fato da potência de excitação ser, geralmente, 5% da potência nominal os geradores de armadura fixa (ou campo girante), são os mais utilizados na indústria de geração de energia elétrica (WEG, 2012).

2.3.2 Gerador de polos salientes

Outra característica fundamental na divisão dos geradores é o formato do rotor. Nesse caso existe duas classificações principais: gerador de polos lisos (figura 8) e, gerador de polos salientes (figura 9).

Como os próprios nomes já sugerem, o gerador de polo liso possui um rotor uniforme, ou seja, a distância entre o rotor e estator (entreferro) é constante, conforme figura 8. Já no gerador de polos salientes existem regiões de entreferos de tamanhos diferentes; essas regiões são chamadas interpolaes.

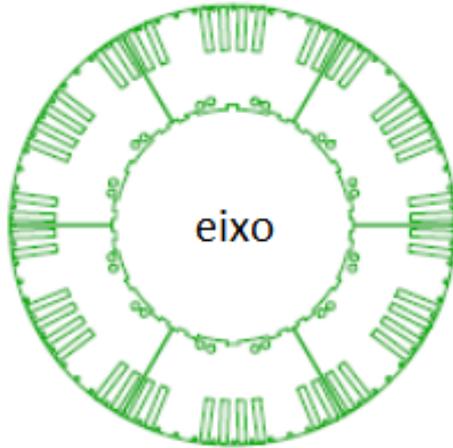


Figura 8 – Rotor de polos lisos.

Fonte: WEG.

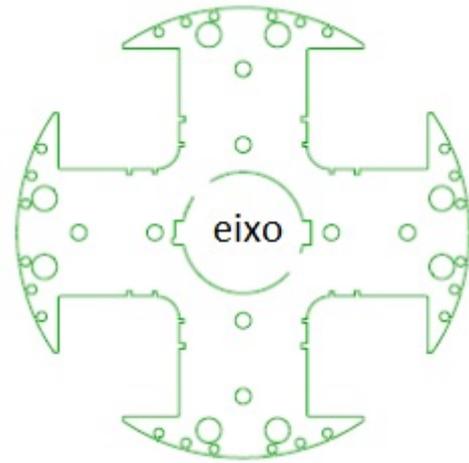


Figura 9 – Rotor de polos salientes.

Fonte: WEG.

2.3.3 Potência elétrica em geradores de polos salientes

Um dos parâmetros principais no dimensionamento de um gerador é a sua potência elétrica que pode ser calculada pela equação (1) abaixo:

$$P = m \cdot U_f \cdot I_f \cdot \cos \varphi \quad (W) \quad (1)$$

Onde:

m - Número de fases;

U_f - tensão de fase (volts);

I_f - corrente de fase (ampère),

$\cos \varphi$ - fator de potência.

Outra maneira comum de se expressar a potência elétrica de um gerador de polos salientes é em função do ângulo de carga associado à tensão de fase (U_f) e a força eletromotriz (E_0) induzida no estator a vazio. Esse ângulo de carga pode ser determinado através da posição angular do rotor, em relação ao fluxo girante do estator (WEG, 2012), conforme figuras 10 e 11.

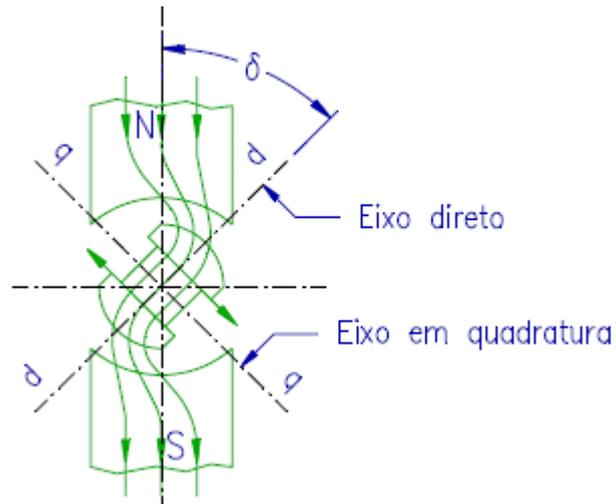


Figura 10 – Ângulo de carga em máquinas síncronas de polo saliente.

Fonte: WEG.

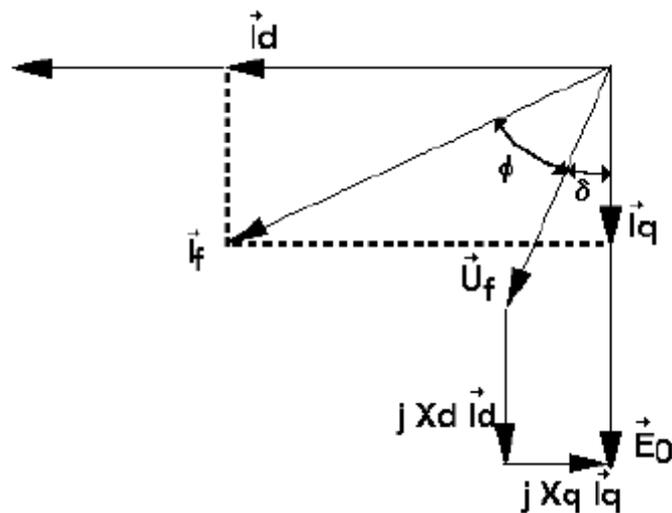


Figura 11 – Diagrama de tensão em gerador síncrono de pólos salientes.

Fonte: WEG.

X_d e X_q são as reatâncias de eixo direto e em quadratura, respectivamente. Com isso, tem-se através da equação (2) que:

(2)

$$P = PD + PQ$$

$$Pd = U_f \cdot I_d \cdot \sin \delta$$

$$Pq = U_f \cdot I_q \cdot \cos \delta$$

Portanto:

$$P = \frac{m \cdot E_0 \cdot U_f}{x_d} \sin \delta + \frac{m \cdot U_f^2}{2} \left(\frac{1}{x_q} - \frac{1}{x_d} \right) \sin 2\delta \quad (W)$$

2.3.4 Componentes

Um gerador completo possui diversas unidades funcionais das quais pode-se destacar as citadas a seguir (WEG, 2012).

- Estator da máquina principal.
- Rotor da máquina principal.
- Estator da excitatriz principal.
- Rotor da excitatriz principal e diodos retificadores girantes.
- Excitatriz auxiliar.
- Enrolamento ou bobina auxiliar.

2.3.4.1 Estator da máquina principal

As carcaças podem ser fabricadas em chapas de aço soldado (solda MIG) ou em chapas de aço calandradas (formato tubular). O pacote de chapas do estator e seus enrolamentos são assentados, ou prensados sobre as nervuras da carcaça (WEG, 2012).

Os enrolamentos das máquinas varia de acordo com a tensão de trabalho do gerador. Para baixas tensões os fios são circulares; já para as médias tensões os fios são retangulares (WEG, 2012).

Para o isolamento das bobinas, as mesmas são fixadas às ranhuras através de cunhas de fechamento de material isolante, e as cabeças dos enrolamentos são reforçadas para melhor absorção das vibrações da máquina (WEG, 2012).

2.3.4.2 Rotor da máquina principal

Os polos do enrolamento de campo são formados por pacotes de chapas. Há também uma gaiola de amortecimento montada no rotor para compensação nos serviços em paralelo e variações de carga (WEG, 2012).

2.3.4.3 Excitatriz principal

É um gerador trifásico de polos salientes com estator fixado na tampa traseira do gerador e dentro dele ou posicionado fora da máquina na tampa traseira ou na base do gerador, abrigando as bobinas de campo (que são ligadas em série); os polos salientes têm sua extremidade ligada diretamente ou através de bornes ao regulador de tensão (WEG, 2012).

2.3.4.4 Rotor da excitatriz principal e diodos retificadores girantes

Montado sobre o eixo da máquina principal, o rotor da excitatriz principal é laminado, e, em suas ranhuras, encontra-se um enrolamento trifásico ligado em estrela de onde obtêm-se dois fios de cada ponto da ligação estrela, exceto do ponto comum que é inacessível, para os retificadores girantes (WEG, 2012).

2.3.4.5 Excitatriz auxiliar

Também chamada de PMG (*Permanent Magnets Generator*), é um gerador trifásico de ímas permanentes acoplado ao eixo da máquina principal. Tem seu estator constituído por chapas e possui um enrolamento trifásico para alimentação do regulador de tensão (WEG, 2012).

2.3.4.6 Enrolamento ou bobina auxiliar

Alojado em algumas das ranhuras do estator principal, juntamente com as bobinas de armadura (porém isolado das mesmas), o enrolamento auxiliar é um conjunto auxiliar de bobinas monofásicas cuja função principal é fornecer potência para o regulador de tensão alimentar o campo da excitatriz principal (WEG, 2012).

2.4 Princípio de funcionamento do grupo motor gerador

2.4.1 Classificação dos GMG's

Um grupo motor gerador é classificado, segundo sua potência nominal, de acordo com especificações feitas pelo fabricante. Esta classificação irá estabelecer as condições de carga máxima permitidas ao GMG, para que ele apresente um desempenho e uma vida útil adequados. Também é importante que o aparelho seja usado para alimentar a sua carga mínima necessária, de modo a atingir sua temperatura e taxa de consumo de combustível normais de funcionamento. Segundo o manual da empresa CUMMINS (2011, p. 12), recomenda-se que um grupo motor gerador funcione com pelo menos 30% da classificação indicada na sua plaqueta de identificação.

A seguir serão descritas as classificações utilizadas pela fabricante de GMG's Cummins Power Generation.

- **Energia “Stand by”**

A figura 12 demonstra a classificação de “Energia Stand by” é usada para definir aplicações de emergência, onde a energia é fornecida durante uma interrupção no fornecimento pela fonte de energia usual (rede pública de energia). Para esta classificação, não se admite qualquer valor para capacidade de sobrecarga sustentada (equivalente à energia de parada por falta de combustível de acordo com as normas ISO3046, AS2789, DIN6271 e BS5514). Esta classificação é aplicada apenas para instalações servidas por uma fonte usual e confiável de energia, e cargas variáveis que apresentem um fator médio de consumo de carga correspondente à 80% da classificação “Stand by”, durante um período de tempo máximo de 200 h de operação por ano, ou por um período de tempo máximo de 25 h / ano, com consumo de carga correspondente à 100% de sua classificação “Stand by” (CUMMINS, 2011).

Em instalações nas quais há grande probabilidade de o tempo de operação exceder 200 h / ano com carga variável, ou, 25 h / ano com um consumo de carga

correspondente à 100% da classificação nominal, deve-se aplicar a classificação “Energia Prime” (CUMMINS, 2011).

A classificação “Energia Stand by” é utilizada somente para definir aplicações “de emergência” e “Stand by”, nas quais o grupo gerador serve como uma reserva para a fonte usual de energia. Para esta classificação, não é permitida qualquer operação sustentada em paralelo com a fonte usual de energia (CUMMINS, 2011).

Para aplicações que exigem operação sustentada em paralelo com a fonte usual de energia, devem ser utilizadas as classificações “Energia Prime” ou “Carga Básica” (CUMMINS, 2011).

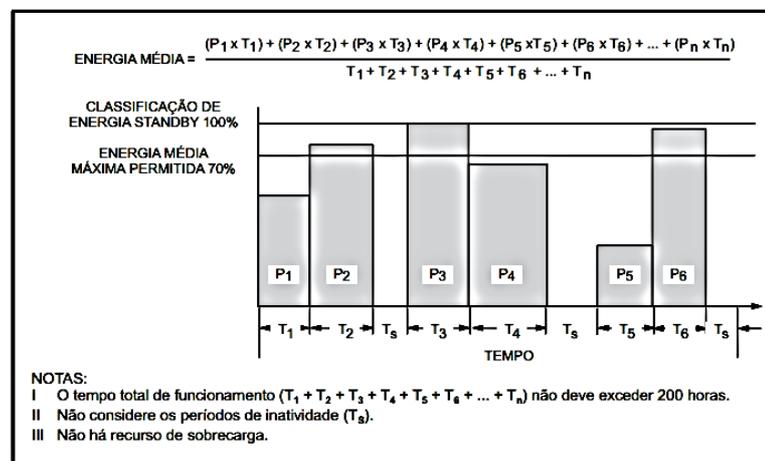


Figura 12 - Classificação Standby.

Fonte: Cummins (2011).

- **Energia “prime”**

Segundo Cummins (2011, p. 12), a classificação “Energia Prime” é usada para definir as situações nas quais o fornecimento de energia elétrica pelo grupo gerador substitui a energia adquirida da empresa distribuidora. O número de horas de operação permitido por ano é “ilimitado” para aplicações com “carga variável”, porém é “limitado” para aplicações com “carga constante”, conforme descrito abaixo. (Equivalente da classificação “Energia Prime” de acordo com a norma ISO8528 e da classificação “Energia de Sobrecarga” de acordo com as normas ISO3046, AS2789, DIN6271 e BS5514.)

- Energia “prime” com tempo ilimitado de funcionamento

A figura 13 demonstra a classificação do tipo “Energia Prime” permite que o grupo gerador esteja disponível por um número “ilimitado” de horas de operação ao ano, em aplicações com “carga variável”. Em aplicações com carga variável, o fator de carga médio não deve exceder 70% da classificação de “Energia Prime”. Uma capacidade de sobrecarga de 10% é admissível, por um período máximo de 1 h para cada período de 12 horas de operação; porém, não deverá exceder 25 h ao ano. O tempo total de operação na classificação “Energia Prime” não deve exceder 500 h / ano (CUMMINS, 2011).

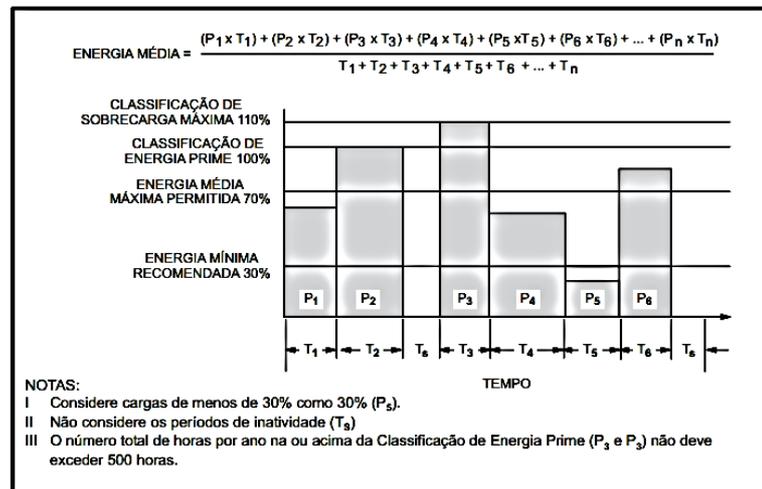


Figura 13 - Classificação “Prime” com tempo ilimitado de funcionamento.

Fonte: Cummins (2011).

- Energia “prime” com tempo de funcionamento limitado

A figura 14 demonstra a classificação do tipo “Energia Prime” permite que o grupo gerador esteja disponível por um número “limitado” de horas de operação, ao ano, em aplicações com “carga constante”, tais como, energia interrompível, redução de carga, corte de pico, e outras aplicações que, em geral, envolvem a operação em paralelo com a fonte usual de energia. Os grupos geradores podem operar em paralelo com a fonte usual de energia durante até 750 h / ano, em valores de potência que não excedam a classificação de “Energia Prime”. Deve-se ressaltar que

a vida útil do motor será reduzida, caso seja utilizado de modo constante para alimentar altos valores de carga. Qualquer aplicação que exija mais de 750 h de operação por ano, conforme os parâmetros da classificação “Energia Prime”, deverá, ao invés disso, utilizar a classificação “Energia de Carga Básica” (CUMMINS, 2011).

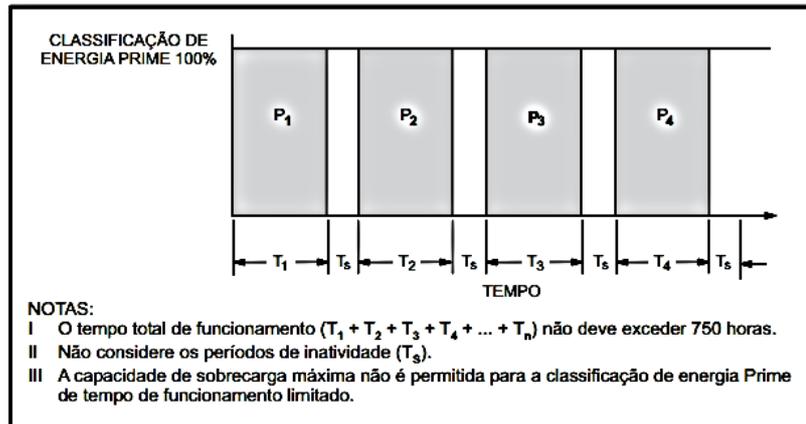


Figura 14 - Classificação “Prime” com tempo de funcionamento limitado.

Fonte: Cummins (2011).

- **Energia de Carga Básica (Energia Contínua)**

A figura 15 demonstra a classificação “Energia de Carga Básica” aplica-se ao fornecimento contínuo de energia para uma carga de até 100% da classificação básica, por um número ilimitado de horas. Não é especificada qualquer capacidade de sobrecarga sustentada disponível para esta classificação. (Equivalente à “Energia Contínua” de acordo com as normas ISO8528, ISO3046, AS2789, DIN6271 e BS5514). Esta classificação aplica-se para a operação de carga básica pela fonte usual de energia. Neste tipo de aplicação, os grupos geradores são conectados em paralelo com a fonte usual de energia, e trabalham sob carga constante por longos períodos de tempo.

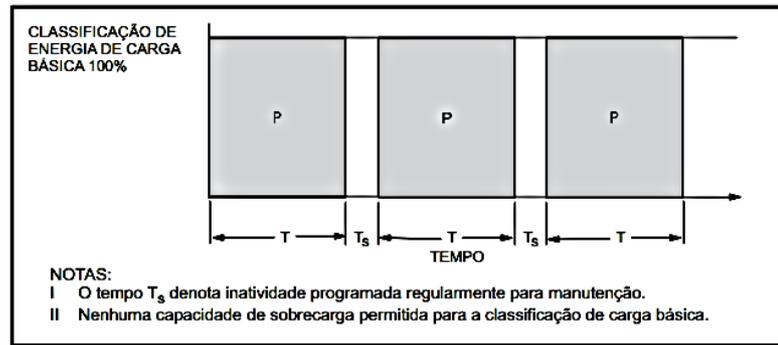


Figura 15 - Classificação Carga Básica.

Fonte: Cummins (2011).

Os GMG's também podem ser classificados de acordo com os tipos de sistemas como pode ser observado na tabela 5.

Tabela 5 - Classificação e tipos de sistemas.

Tipo de Sistema	Classificação do Grupo Gerador		
	Standby	Prime	Continua
	Emergência	Energia Prime	Carga Básica
	Standby legalmente exigidos	Corte de Pico	Co-geração
	Standby Opcional	Redução de Custos	

Fonte: Cummins (2011).

A classificação utilizada no GMG que será usado na UTFPR para suprir a demanda energética em horário de ponta será o do regime *prime*, com tempo de funcionamento ilimitado, pois é o modelo que geralmente utilizam para redução de custos em cargas variáveis.

2.5 Noções de operação dos GMG's

2.5.1 Acoplamento e alinhamento

É a ligação mecânica feita entre os eixos do alternador e do motor, que geralmente é realizada por meio de um acoplamento elástico, capaz de absorver pequenas desalinhamentos radiais e axiais, bem como as vibrações provenientes

das variações de carga, e do desbalanceamento admitido das massas girantes. Segundo Galdino (2011, p. 30 e 31):

O alinhamento do centro dos eixos é essencial para o bom funcionamento do aparelho, na medida em que não introduza vibrações e desgastes prematuros dos rolamentos do alternador e dos mancais do motor diesel. O tipo de acoplamento mais comum é o Elco (menor custo e montagem simples). Ele é constituído de 6,8 ou 12 mangas de borracha sobre pinos de aço instalados numa das metades do acoplamento, que se encaixam na segunda metade. Os alternadores modernos são dotados de carcaça padrão SAE, que permite montagem monobloco, garantindo a manutenção do alinhamento entre os eixos das máquinas após a montagem. Entretanto a primeira montagem exige a conferência da concentricidade dos eixos em relação às suas respectivas carcaças; para isso, usa-se um microcomparador, assegurando assim que não haverá desalinhamento.

- Acoplamento Elco

De acordo com figura 16 na peça “b” existem os pinos com mangas de borracha “a” que se encaixam nos furos existentes na peça “c”. Geralmente a peça “b” é aparafusada ao volante do motor Diesel, enquanto a peça “c” é montada por meio de chaveta no eixo do alternador. A folga recomendada entre as peças “b” e “c” é de 4,0 mm, para que esforços axiais não sejam transmitidos à árvore de manivelas do motor.

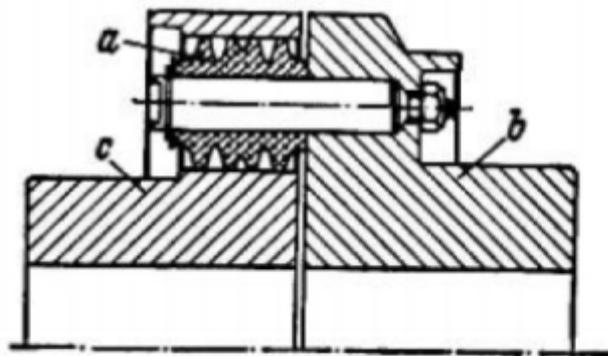


Figura 16 - Acoplamento Elco.

Fonte: http://www.joseclaudio.eng.br/grupos_geradores_7.html.

- Acoplamento Elástico

Em virtude da grande elasticidade dos elementos flexíveis, os acoplamentos elásticos proporcionam boa absorção das irregularidades de montagem, nivelando

grandes diferenças de alinhamento radial, axial e angular e são isentos de manutenção. A fixação rígida dos elementos flexíveis pelas partes metálicas do acoplamento e das partes metálicas deste com os conjuntos agregados, elimina todo e qualquer atrito causador de folgas e desgaste, evitando assim ajustes periódicos. A figura 17 é uma imagem de um acoplamento elástico.

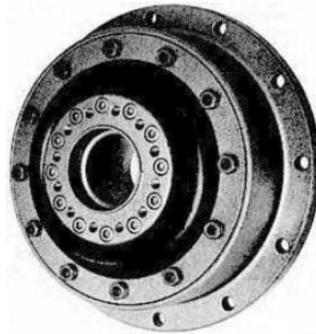


Figura 17 - Acoplamento Elástico.

Fonte: http://www.joseclaudio.eng.br/grupos_geradores_7.html.

2.5.2 Componentes de supervisão e controle

São responsáveis por manter o GMG operando automaticamente sem a intervenção humana. Caso ocorra alguma deficiência de funcionamento do sistema, o motor pode sofrer sérias avarias. Para prevenir essas falhas, são adotados sistemas de proteção ao GMG que, dependendo das especificações dos clientes, incluem:

- **pressostato de óleo lubrificante:**

- têm como função comandar a parada do motor quando a pressão do óleo lubrificante cai abaixo de um valor predeterminado; em algumas situações podem ser utilizados dois pressostatos, sendo um para servir como alarme, e outro para de fato efetuar o comando de parada, a seguir na figura 18 uma imagem de um componente citado;



Figura 18 - Pressostato de óleo lubrificante.

Fonte: <https://goo.gl/yZ65IP>.

- **termostato para água de refrigeração:**

- possui finalidade semelhante ao pressostato de óleo lubrificante, podendo também serem utilizados dois sensores, dependendo da necessidade, a seguir, na figura 19, uma imagem do componente citado;



Figura 19 - Termostato para água de refrigeração.

Fonte: <https://goo.gl/sAaFyg>.

- **sensor de sobrevelocidade:**

- comanda a parada do motor quando a velocidade de rotação ultrapassa um valor predeterminado, que geralmente é acima de 20% da rotação nominal; em alguns casos o sensor de sobrevelocidade é interligado a um dispositivo de corte de ar, para parar o motor por abafamento, além do corte de combustível; a seguir na figura 20 uma imagem do componente citado;



Figura 20 - Sensor de sobrevelocidade.

Fonte: <https://goo.gl/r7hajf>.

- **sensor de nível do líquido de refrigeração:**

- utilizado para acionar um alarme que indica a necessidade de completar o nível do sistema de refrigeração; a seguir, na figura 21, uma imagem do sensor citado;



Figura 21 - Sensor de nível do líquido de refrigeração.

Fonte: <https://goo.gl/8v2nrP>.

- **relé taquimétrico**

- tem como finalidade desligar o motor de partida, quando a rotação do motor ultrapassa o valor determinado, que geralmente é 500 rpm. Em muitos, casos esta função é inerente ao sensor de sobrevelocidade; a seguir, na figura 22, uma imagem do componente citado;



Figura 22 - Relé taquimétrico.

Fonte: <https://goo.gl/vWbSIU>.

- **sensor de ruptura de correia:**

- comanda a parada do motor antes da temperatura da água se elevar, no caso de ruptura da correia da bomba d'água;

- **sensor de frequência**

- supervisiona tanto a frequência do GMG quanto da rede local; comanda o desligamento da rede local e aciona a partida automática do GMG, quando o mesmo é equipado com sistema de partida automática; também pode atuar comandando a parada do GMG, transferindo a carga para a rede local, quando há anormalidade na frequência do alternador;

- **outros**

painel de instrumentos, quadro de comandos e sensores de tensão da rede e do grupo.

2.6 Paralelismo

Segundo Vasconcellos (2003), o paralelismo é vantajoso tanto para a indústria autoprodutora quanto para a concessionária, não só do ponto de vista de melhoria da confiabilidade do sistema, mas também do ponto de vista econômico-financeiro. É possível solucionar os problemas técnicos de segurança da operação de sistemas que alimentam indústrias autogeradoras, por meio da elaboração de esquemas de proteção da interligação, e da análise dos sistemas de religamento da concessionária.

Devido à tecnologia de relés disponíveis atualmente, qualquer falta pode ser detectada virtualmente em períodos pouco maiores que um ciclo. Também a tecnologia de simuladores digitais de sistemas de potência, permite um refinamento na modelagem, tal que o modelo de qualquer sistema físico que influencie o fenômeno a ser estudado, pode ser agregado ao modelo do sistema elétrico, podendo-se assim gerar resultados muito próximos aos obtidos através de testes no sistema real (VASCONCELLOS, 2003).

2.6.1 Paralelismo momentâneo

O sistema de paralelismo momentâneo, normalmente chamado de paralelo momentâneo possui a característica de que em um determinado intervalo de tempo (até 15s) toda a carga alimentada pela concessionária de energia elétrica, seja transferida para os GMG's, sendo posteriormente interrompido por completo o fornecimento de energia por parte da concessionária (COPEL, 2005). Para que esta operação seja portadora de sucesso, é necessária à utilização de sistemas que façam a regulação dos parâmetros da rede elétrica com os GMG's, obedecendo ao tempo limite para transferência de cargas, conforme as normas da concessionária local, neste caso a Norma Técnica COPEL (NTC 903105).

2.6.2 Condições para operação em paralelo

A ligação em paralelo não pode ser feita de maneira arbitrária. A seguir serão listadas as condições que devem ser respeitadas para que um gerador possa operar em paralelo:

- a tensão de geração de todos os geradores ligados em paralelo deve ser a mesma;
- no caso de geradores trifásicos, a sequência de fases na ligação dos geradores com o barramento alimentado deve ser a mesma para cada um deles. Caso esta condição não seja respeitada, cada fase do barramento terá uma tensão nominal diferente das outras, o que causará curto-circuito, podendo inclusive queimar os geradores em paralelo;
- as frequências de geração dos geradores devem ser semelhantes. Se as frequências de geração dos geradores (que são determinadas por características construtivas), não forem iguais, a onda gerada no barramento não terá características senoidais, e ainda terá picos de tensão duas vezes maiores do que os das ondas nos geradores;
- o ângulo de defasagem dos geradores deve ser igual. Se um deles tiver ângulo diferente dos outros, surgirá uma diferença de potencial atuando sobre dois pontos de uma mesma fase. Isso dará origem a uma corrente circulante entre os vários geradores, que reduzirá a vida útil dos mesmos e poderá destruir os condutores de ligação e danificar os barramentos.

Para atender algumas condições de paralelismo, surgiu a sincronização de geradores, como alternativa para modelar o sistema de geração.

2.6.3 Sincronismo entre geradores

Pode-se definir sincronismo entre geradores como sendo a conexão elétrica de um gerador a uma barra previamente energizada. Segundo Rossi (2015, p. 13), dentre as várias motivações para o sincronismo, vale citar:

- no caso de uma unidade geradora ter excedido sua capacidade por ocasião da inserção de novas cargas, isso vai demandar a entrada de um novo gerador (como um termoelétrico) para suprir a demanda;
- o aumento de confiabilidade, visto que um maior número de geradores inseridos em uma nova situação aumenta a confiabilidade do sistema.

Uma maneira de checar o sincronismo é através de um sincronoscópio, e/ou método das duas lâmpadas para conferência. A figura 23 a seguir mostra um sincronoscópio analógico, e a figura 24 um digital:



Figura 23 - Sincronoscópio analógico.

Fonte: Celsa (2016) <https://goo.gl/n9j2IZ>



Figura 24 - Sincronoscópio digital.

Fonte: Fastech (2016) <https://goo.gl/aV93Ep>

De acordo com Rossi (2015, p. 14), o sincronismo entre dois geradores depende dos valores de tensão, frequência e fase; o sincronoscópio irá avaliar tais valores, desempenhando uma função semelhante à de lâmpadas ligadas entre o barramento e o gerador. Tal sincronismo é extremamente necessário no paralelismo entre geradores.

2.7 Formas de conexão à rede elétrica

A forma de conexão é definida pela concessionária durante a elaboração de seu parecer de acesso. Segundo Luiz (2012, p.20), essa definição leva em conta a Resolução Normativa ANEEL N° 56 de abril de 2004 e os Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional – PRODIST - Módulo 3 – Acesso ao Sistema de Distribuição, que determina a aplicação do critério de menor custo global de investimentos, consideradas as instalações de conexão de responsabilidade do acessante, os reforços nas redes de transmissão, a distribuição, e custos de perdas elétricas. Não pode ser restrita a conexão do acessante em linhas de transmissão ou alimentadores já existentes, desde que sejam atendidos os critérios e padrões técnicos específicos para a conexão estabelecidos, tanto pela legislação vigente, quanto nas normas das distribuidoras.

A conexão do acessante à rede elétrica pode variar entre duas configurações básicas, sendo elas:

- alimentador ou linha de transmissão exclusivos para o acessante;
- alimentador ou linha de transmissão compartilhada com demais cargas da concessionária.

Na Copel, a definição da forma de conexão depende da capacidade de geração instalada do acessante, sendo que para capacidades inferiores a 1 MW qualquer das conexões citadas, pode vir a ser permitida, enquanto gerações superiores a esse valor só podem se conectar através de alimentadores ou linhas expressas.

A segunda configuração é a forma mais comum e barata de conexão ao sistema; porém, ela torna os esquemas de proteção do sistema elétrico mais complexos. Segundo Luiz (2012, p.23), dependendo do comportamento da unidade de geração distribuída durante um curto-circuito, a sensibilidade, o alcance, e o tempo de atuação das proteções dos terminais da concessionária, podem ser afetados. Logo, a existência de linhas ou alimentadores multiterminais representa um desafio à proteção, pois dependendo da relação entre a impedância do sistema e a impedância da GD, para um determinado ponto de falta, a contribuição da concessionária durante um curto-circuito pode ser reduzida, de forma que suas proteções baseadas em sobrecorrente não sejam sensibilizadas.

Outro impacto que este tipo de conexão apresenta é com relação à localização de faltas, uma ferramenta importante para a redução do tempo de restabelecimento

do sistema. A grande maioria dos algoritmos utilizados foram estruturados para condições radiais, e não levam em conta a presença de outra fonte de contribuição para falta, tal como acontece na presença de acessantes de geração (LUIZ, 2012).

Diversas pesquisas estão sendo feitas para criar um algoritmo capaz de identificar com precisão o ponto de falta em sistemas com geração distribuída. Javadian et al. (2009, pp 1-8) recomenda que o sistema seja dividido em zonas radiais, sendo cada uma delas protegidas por um disjuntor, o que implica na mudança de topologia do sistema. Calderaro et al. (2009, pp 1-6) apresenta um esquema que requer a identificação da direcionalidade da corrente de curto através de diversos sensores. A precisão desse método está diretamente ligada à quantidade de sensores utilizados. Chao et al. (2008, pp 893-896) apresenta um método baseado na teoria dos grafos, enquanto Bretas e Salim (2006, pp 1-6) apresentam um esquema baseado na impedância aparente de sequência positiva. Brahma (2011, pp 1545-1543) propõem um método de localização de faltas, que leva em conta a resistência de falta e as ramificações dos sistemas de distribuição.

Apesar das pesquisas, poucas concessionárias no Brasil têm utilizado métodos de localização de faltas que levem em conta a presença de GD. Esse cenário deve mudar com o aumento da penetração dos acessantes de geração no sistema, o que possibilitará a validação dos melhores algoritmos propostos (LUIZ, 2012).

2.8 Manutenção

O presente sub tópico tem como objetivo principal realizar uma abordagem sobre manutenção necessária para manter o grupo motor gerador em pleno funcionamento com confiabilidade e segurança. Assim, como propor algumas recomendações de manutenção preventiva.

2.8.1 Manutenção Preventiva

A manutenção, para Faria (1994, p. 1), “é manter os equipamentos em funcionamento como foram projetados”. Porém, para garantir que o grupo motor gerador esteja com sua capacidade plena de funcionamento sempre que acionado é essencial que o equipamento passe por um processo de manutenção adequado e cuidadoso, de acordo com o manual de instruções fornecido pelo fabricante de cada componente.

Para reduzir ou evitar falhas, queda de desempenho e desperdício de recursos a manutenção deve ser realizada por profissionais especializados de forma eficiente e periodicamente, obedecendo a um plano previamente elaborado para ao final obter uma maior segurança e vida útil dos equipamentos.

Atualmente, a missão da manutenção é “garantir a disponibilidade da função dos equipamentos e instalações de modo a atender a um processo de produção ou serviço com confiabilidade, segurança e custos adequados” (PINTO; NASCIF; BARONI, 2002, p. 23).

Em geral, o tipo de manutenção mais indicado para grupo motor gerador, em operação do tipo *prime*, é a manutenção preventiva através de inspeção (mensal, semanal ou anual), revisão, lubrificação, calibração e limpeza técnica.

A manutenção preventiva é aquela efetuada através de inspeções em intervalos de tempos predeterminados, ou de acordo com especificações técnicas, destinados a reduzir a possibilidade de falha, mau funcionamento ou a degradação do equipamento. (ABNT NBR 5462-1994)

As inspeções consistem em “verificação visual, por tato, odor ou ouvido e com o auxílio de medições, e têm por finalidade encontrar pontos críticos de desgates e desajustes, relatando-os para intervenção dos mantenedores” (Ariza, 1978, p. 98).

Assim, com o auxílio de instrumentos ou através da percepção humana é possível observar se o equipamento necessita de reparos ou reposição de peças. Também, como observar o estado de conservação dos dispositivos internos e externos do motor, da instalação elétrica, necessidade de lubrificação, da isolamento acústica, limpeza e conservação dos componentes do tanque de combustível.

2.8.2 Programa de Manutenção Preventiva

O programa de manutenção para geração de energia em aplicações do tipo *prime* deve ter seu cronograma estabelecido conforme os períodos de tempo em que entra em operação, seguindo as normas do fabricante. O tempo de atuação do GMG previsto para o câmpus é de 65 horas mensais.

A partir do tempo de atuação o roteiro de manutenção preventiva deve ser elaborado por meio da especificação de tarefas de manutenção mensal, semestral ou anual.

Os planos de manutenção elaborados servem para nortear algumas medidas necessárias para não ocorrer falhas inesperadas e mau funcionamento. Assim, o roteiro elaborado deve seguir o cronograma estabelecido e abordar os itens citados.

Manutenção mensal:

- verificar se existe vazamento de óleo, líquido de arrefecimento e combustível;
- verificar os níveis de óleo do motor e líquido de arrefecimento;
- verificar o sistema de carga da bateria;
- verificar se existe obstruções ou entupimentos nos filtros de ar;
- verificar o nível de combustível;
- verificar o funcionamento da bomba de água;
- verificar se os medidores, indicadores e luzes funcionam corretamente.

Manutenção semestral:

- trocar os filtros de óleo , de combustível e de arrefecimento;
- limpar os substituir o respiro do cárter;
- verificar os comandos elétricos e alarmes de segurança;
- limpar qualquer acúmulo de graxa, óleo ou sujeira do grupo motor gerador;
- verificar as condições da fiação de distribuição de energia, das conexões, disjuntores e do módulo de transferência;
- realizar ensaios para verificar funcionamento da partida;
- verificar se existe vibrações, ruídos, gases incomuns durante a operação do motor.

Manutenção anual:

- verificar os mancais ou rolamentos do ventilador, se necessário realizar a lubrificação;
- verificar os suportes de fixação do grupo motor gerador;
- verificar a estrutura da isolação acústica;
- verificar a estrutura de ventilação nas aberturas de entradas e saídas do grupo motor gerador;
- verificar as conexões dos cabos e o nível do líquido da bateria;
- realizar a limpeza e drenagem dos detritos do tanque de armazenagem de combustível;
- substituir as mangueiras ressecadas ou trincadas;
- limpeza do radiador e troca da água de refrigeração;
- verificar o estado de conservação das correrias, se necessário realizar a troca.

2.9 Capítulo subsequente

No próximo capítulo será feito um estudo da viabilidade técnica e econômica da utilização de um Grupo Motor Gerador para suprir a demanda em horário de ponta do Câmpus Ecoville da Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Com base nas contas de energia fornecidas pela universidade, será identificada a melhor opção de instalação, levando em consideração o custo de instalação, manutenção e seu *payback*.

3. ESTUDO DE VIABILIDADE ECONÔMICA DA IMPLEMENTAÇÃO DE UM GMG NO CÂMPUS ECOVILLE

O presente capítulo tem como objetivo realizar um estudo para verificar a viabilidade econômica da implementação de um Grupo Motor Gerador para suprir a demanda elétrica em horário de ponta.

Os principais tópicos a serem abordados neste capítulo serão: análise do consumo e demanda, dimensionamento do GMG, seleção do GMG e orçamento, projeto civil, projeto elétrico, *payback* e manutenção.

3.1 Análise do consumo e demanda do Câmpus Ecoville

Para análise do consumo e demanda da UTFPR – Câmpus Ecoville, foram utilizadas as medições fornecidas dos meses de fevereiro de 2016 à janeiro de 2017. As tabelas 6 e 7 mostram os valores de consumo e demanda de energia dos meses conforme as figuras 25 e 26:

Tabela 6 – Planilha de medição de consumo da UTFPR – Câmpus Ecoville

Mês	Energia Ativa (kWh)		Energia Reativa Excedente (kvarh)		Energia Reativa (kvarh)		Energia Aparente (kVAh)	
	Ponta	Fora de Ponta	Ponta	Fora de Ponta	Ponta	Fora de Ponta	Ponta	Fora de Ponta
fev/16	4110	43055	43	699	4153	43754	4110,22	43060,67
mar/16	5638	47447	26	868	5664	48315	5638,05	47454,93
abr/16	9695	62526	0	934	9695	63460	9695	62532,97
mai/16	9118	61676	6	831	9124	62507	9118,00	61681,59
jun/16	9750	63361	1	814	9751	64175	9750,00	63366,22
jul/16	10615	64870	0	433	10615	65303	10615	64871,44
ago/16	6181	49447	0	857	6181	50304	6181	49454,42
set/16	10784	65044	0	717	10784	65761	10784	65047,95
out/16	12284	77298	27	794	12311	78092	12284,02	77302,07
nov/16	7893	61023	8	405	7901	61428	7893,00	61024,34
dez/16	8249	58331	0	427	8249	58758	8249	58332,56
jan/17	3594	36676	15	522	3609	37198	3594,03	36679,71

Fonte: Faturas UTFPR – Câmpus Ecoville.

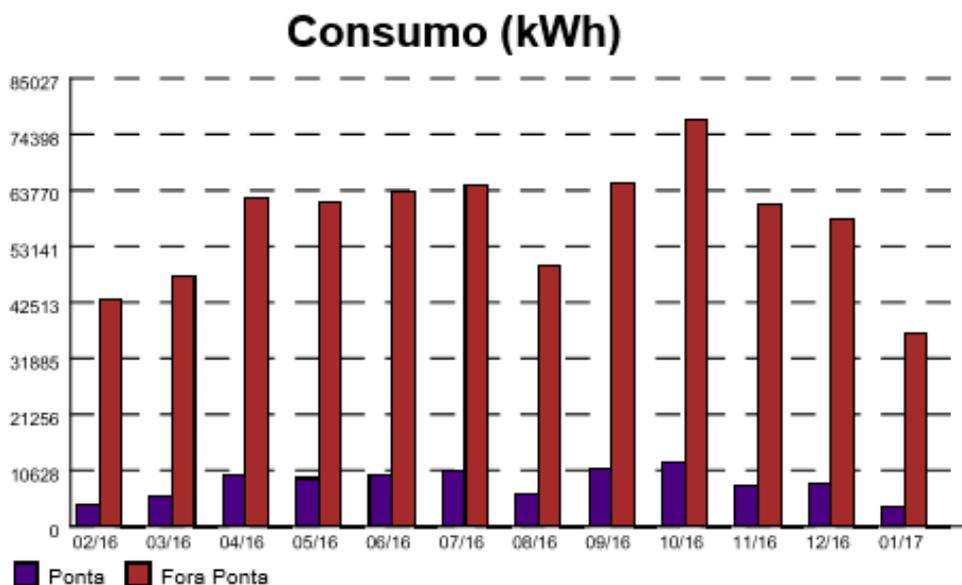


Figura 25- Gráfico do consumo na ponta e fora de ponta

Fonte: Faturas UTFPR – Câmpus Ecoville.

Tabela 7 – Planilha de medição de demanda da UTFPR – Câmpus Ecoville

Mês	Demanda máxima fora de ponta (kW)			Demanda máxima fora de ponta (kW)
	Contratada	Consumida	Excedida	Consumida
fev/16	180	124,41	0	82,08
mar/16	180	177,12	0	150,33
abr/16	180	188,35	8,35	177,98
mai/16	180	204,76	24,76	190,94
jun/16	180	216	36	202,17
jul/16	180	213,4	33,4	210,81
ago/16	180	152,06	0	137,37
set/16	180	217,72	37,72	200,44
out/16	180	212,54	32,54	207,36
nov/16	180	221,18	41,18	190,94
dez/16	180	210,81	30,81	176,25
jan/17	180	131,32	0	98,49

Fonte: Faturas UTFPR – Câmpus Ecoville.

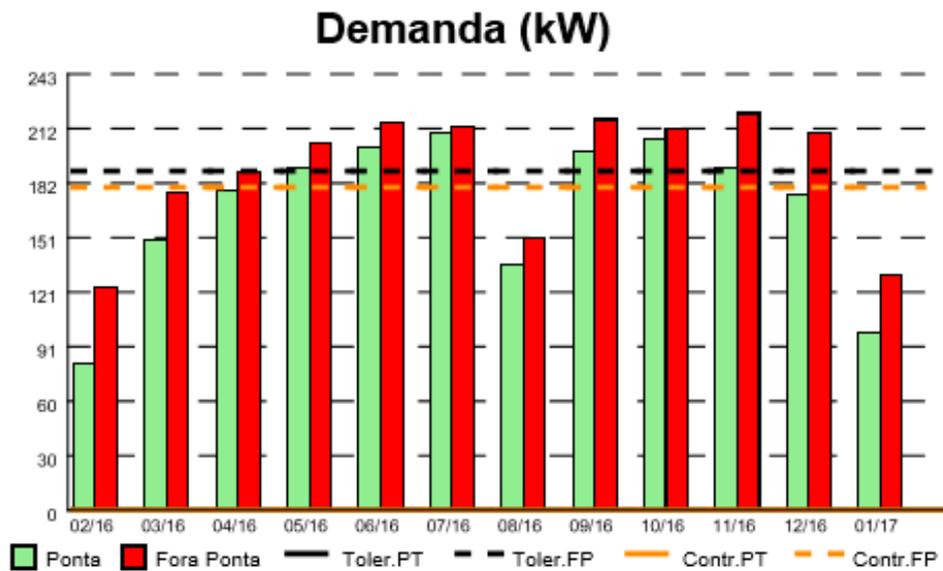


Figura 26 - Gráfico da demanda na ponta e fora de ponta

Fonte: Faturas UTFPR – Câmpus Ecoville.

3.2 Dimensionamento do GMG

Para um orçamento de custos preciso, seria essencial um levantamento de todas as cargas. Como as informações relacionadas aos aparelhos instalados no câmpus (motores, sistemas de fornecimento ininterrupto de energia, acionadores de frequência variável, bombas de água para combate a incêndios e etc) não estão disponíveis para análise, será feita uma estimativa para os cálculos do dimensionamento do GMG.

Primeiramente, foi levantada a demanda máxima, verificando a demanda máxima utilizada pela UTFPR, como pode ser observado na tabela 8.

Tabela 8 – Tabela de demanda máxima

Demanda Máxima (kW)											
fev/16	mar/16	abr/16	maí/16	jun/16	jul/16	ago/16	set/16	out/16	nov/16	dez/16	jan/17
82,08	150,33	177,98	190,94	202,17	210,81	137,37	200,44	207,36	190,94	176,25	98,49

Demanda Máxima	210,81 kW
-----------------------	-----------

Fonte: Faturas UTFPR – Câmpus Ecoville.

Para obter um resultado coerente de nível médio de energia, serão utilizados os valores de consumo da fatura. A tabela 9 mostra o consumo mensal em horário de ponta:

Tabela 9 – Consumo médio de energia

Mês	Energia Ativa na Ponta(kWh)	Energia Reativa na Ponta(kvarh)	Energia Aparente na Ponta(kVAh)
fev/16	4110	4153	4110,22
mar/16	5638	5664	5638,05
abr/16	9695	9695	9695
mai/16	9118	9124	9118,00
jun/16	9750	9751	9750,00
jul/16	10615	10615	10615
ago/16	6181	6181	6181
set/16	10784	10784	10784
out/16	12284	12311	12284,02
nov/16	7893	7901	7893,00
dez/16	8249	8249	8249
jan/17	3594	3609	3594,03
Média	8159,25	8169,75	8159,27

Fonte: Faturas UTFPR – Câmpus Ecoville.

Tendo uma dimensão de quantos kW são utilizados pela UTFPR da rede COPEL, agora deve-se obter o consumo médio por hora na ponta. Para conseguir o mesmo, é necessário dividir o consumo médio de 8159,25 kWh pela quantidade horas total no horário de ponta. Sendo o total médio de horas na ponta igual a 65 horas, tem-se que:

$$\text{Consumo médio por hora na ponta} = \frac{8159,25}{65} = 125,527 \text{ kW}$$

Sabendo-se que o GMG será utilizado para suprir demanda em horário de ponta, pode-se classificar o GMG como sendo do tipo *prime* por tempo ilimitado. Segundo o item 2.3.1 do trabalho, o GMG operando no regime *prime* deve funcionar com energia inferior ou igual a 70% e superior ou igual a 30%. Portanto, como o GMG irá operar com carga média de 125,527 kW/h, tem-se que:

$$\text{Fator de Operação do GMG} = \frac{125,527}{210,81} \times 100 = 59,54\%$$

Logo, ele atente às condições de funcionamento no regime de energia *prime* com funcionamento por tempo ilimitado.

3.3 Seleção do GMG e Orçamento

Com os dados levantados no subtópico anterior, é possível selecionar um GMG que atenda às condições dimensionadas. Sabendo que a demanda máxima em horário de ponta é igual a 210,81 kW, será selecionado um GMG considerando um possível aumento de consumo futuro de aproximadamente 35%. Logo, a demanda será de aproximadamente 284 kVA. Sabendo que é equivalente a 0,8 o fator de potência de um GMG, terá que ser utilizado um GMG de no mínimo 355 kVA.

Dentre os orçamentos recebidos, o mais completo e que apresentava um melhor custo, como pode ser observado no anexo A (Proposta comercial SDMO Maquigeral, 2017, p.83), foi o modelo S260 do fabricante SDMO Maquigeral. O GMG possui especificações conforme tabela 10 e ilustrado na figura 27.



Figura 27- GMG modelo S260 sem carenagem.

Fonte: SDMO Maquigeral.

Tabela 10 – Especificações GMG.

Fabricante GMG	SDMO Maquigeral		
Modelo GMG	S260		
Fabricante Motor	Scania		
Modelo Motor	DC9		
Potência (kVA)	360		
Alternador	WEG - AG10-250MI10AI		
Tensão CA	220/127, 380/220, 440/254 ou em tensão única		
Tensão CC	24Vcc		
Frequência	60Hz		
Cilindros	5 em Linha		
Cilindrada	9,3		
Dimensões (mm)	C	L	A
	4475	1410	2430
Ruído (dB) @ 1,5m	De 75 à 3		
Ruído (dB) @ 7m	De 75 à 3		
Massa	3588		
Consumo em 100% (l/h)	69,8		

Fonte: Proposta comercial SDMO Maquigeral.

O equipamento será composto basicamente por:

- Motor Diesel Scania, modelo DC9 refrigeração por radiador.
- Alternador Síncrono Trifásico *BRUSHLESS*, 1800 RPM, com respectivo regulador eletrônico de tensão.
- Base metálica para o conjunto.
- Painel de Comando automático microprocessado, modelo USCAMAQ31C.
- Baterias de partida e cabos com terminais.
- Conjunto de apoios elásticos Vibrastop.
- 01 X silencioso de alto rendimento e flexível em inox.
- Tanque de combustível, incorporado à base.
- Sistema de pré-aquecimento.
- Carregador de baterias.
- Documentação técnica padrão Maquigeral.

O equipamento também virá com os seguintes opcionais incluídos:

- 01 Quadro de transferência automática rede/gerador incorporado a carenagem, formado por 02 (dois) contatores tripolares de 800 A, sistema de transferência em rampa (STR).
- Regulador eletrônico de velocidade.
- Relé função SEPAM (instalado no QTA).
- Carenagem estruturada para aplicação ao tempo em chapas de aço carbono com pintura a pó- base poliéster AZUL RAL 5007, revestimento interno com material acústico tipo lã de vidro. Nível de ruído médio do conjunto – 75 dB(A) +/- 3 dB(A) à 1,5 metros. Nesta configuração de montagem o tanque de combustível e o silencioso/flexível serão montados na própria base do conjunto (não serão fornecidos em avulso). O nível de ruído informado se refere a média de medição em 8 pontos (4 vértices, 2 laterais e 2 nos extremos) ao redor da máquina na distância indicada, em condições de campo livre com tolerância de +/- 3 dB(A) e ruído de fundo Máximo de 45 dB(A).
- Bocal de abastecimento externo.
- Oxidante.

Para este aparelho, foi orçado um custo total de R\$ 217.510,00 reais considerando 12% de ICMS e 9,25% de PIS/COFINS. Este valor não inclui instalação do GMG e acessórios/opcionais, mão de obra e materiais para a instalação. O orçamento tem validade de 10 dias e o equipamento é entregue 60 dias após confirmação do pedido e aprovação do cadastro.

Na subtópico subsequente será feita uma análise das normas existentes para a implementação do projeto civil, ou seja, a construção da sala externa que abrigará o GMG e o transformador elevador.

3.4 Projeto Civil

Após a determinação do modelo do gerador a ser utilizado, fez-se necessário o levantamento das dimensões dos equipamentos, quadros de distribuição, dimensões do transformador e espaço de manobras para manutenção ou troca de peças. O levantamento equivocado das dimensões ou indisponibilidade da área necessária para a instalação podem inviabilizar a execução do projeto.

A partir do plano diretor do Câmpus ecoville, cedido pelo departamento de projetos e obras (DEPRO) da UTFPR, foi realizado um estudo minucioso para determinação do local correto da instalação da sala de máquinas.

A sala de máquinas foi projetada com base nas dimensões do grupo motor gerador escolhido conforme as tabelas 10 da página 59.

O gerador possui as seguintes dimensões 4,47 m de comprimento, 1,41 m de largura e 2,43 m de altura.

Para comportar todos os equipamentos elétricos foi projetada uma sala com as seguintes dimensões: 6 m de comprimento, 4 m de largura e 3,5 m de altura. O espaçamento, necessário, entre o gerador e a parede é de 1m para a execução de manutenção.

O layout da sala do grupo motor gerador, é apresentado conforme a figura 28.

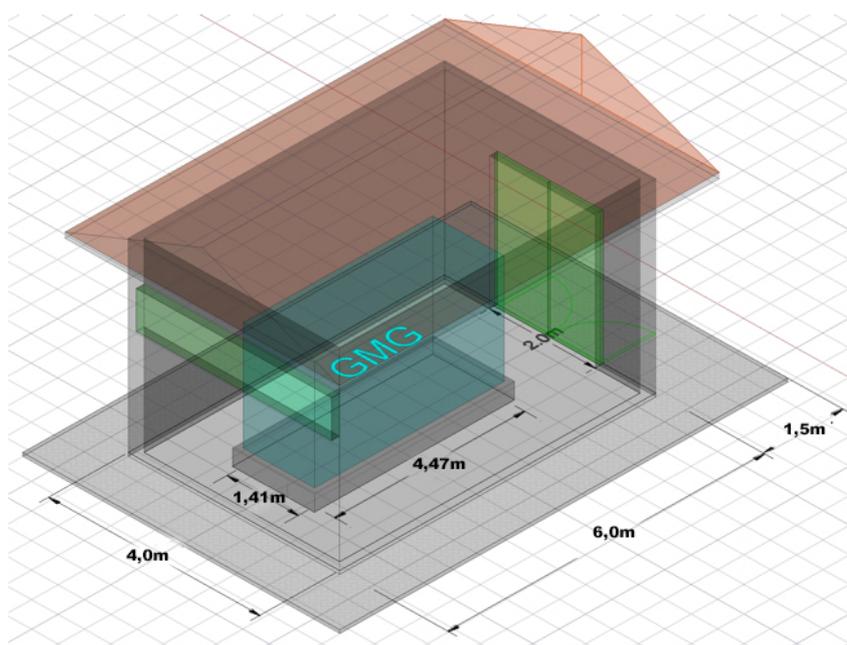


Figura 28 – Sala de máquinas espaço ocupado pelo gerador

Fonte: Própria (2017)

Segundo a Norma Regulamentadora NR 12.11:

12.11 As máquinas estacionárias devem possuir medidas preventivas quanto à sua estabilidade, de modo que não basculem e não se desloquem intempestivamente por vibrações, choques, forças externas previsíveis, forças dinâmicas internas ou qualquer outro motivo acidental. (NR 12, 2010, p. 2)

O GMG possui em sua estrutura de montagem isoladores de vibração, os quais podem ser constituídos de mola ou coxins de borracha. Possuem um desempenho acima dos 90%, sendo de grande importância o seu correto dimensionamento técnico. Uma melhora na redução dessas vibrações, está relacionada com o dimensionamento da fundação, no local em que o grupo gerador será instalado, sendo que o seu peso que deve ser, pelo menos, 2 vezes o peso do grupo gerador em si para resistir as cargas dinâmicas. Não se contabiliza o peso do tanque combustível acoplado a base dos grupos geradores de maior porte. Nas figuras 29 e 30 a seguir, ilustram-se a estrutura e as partes componentes responsáveis pelo isolamento das vibrações de um grupo gerador.

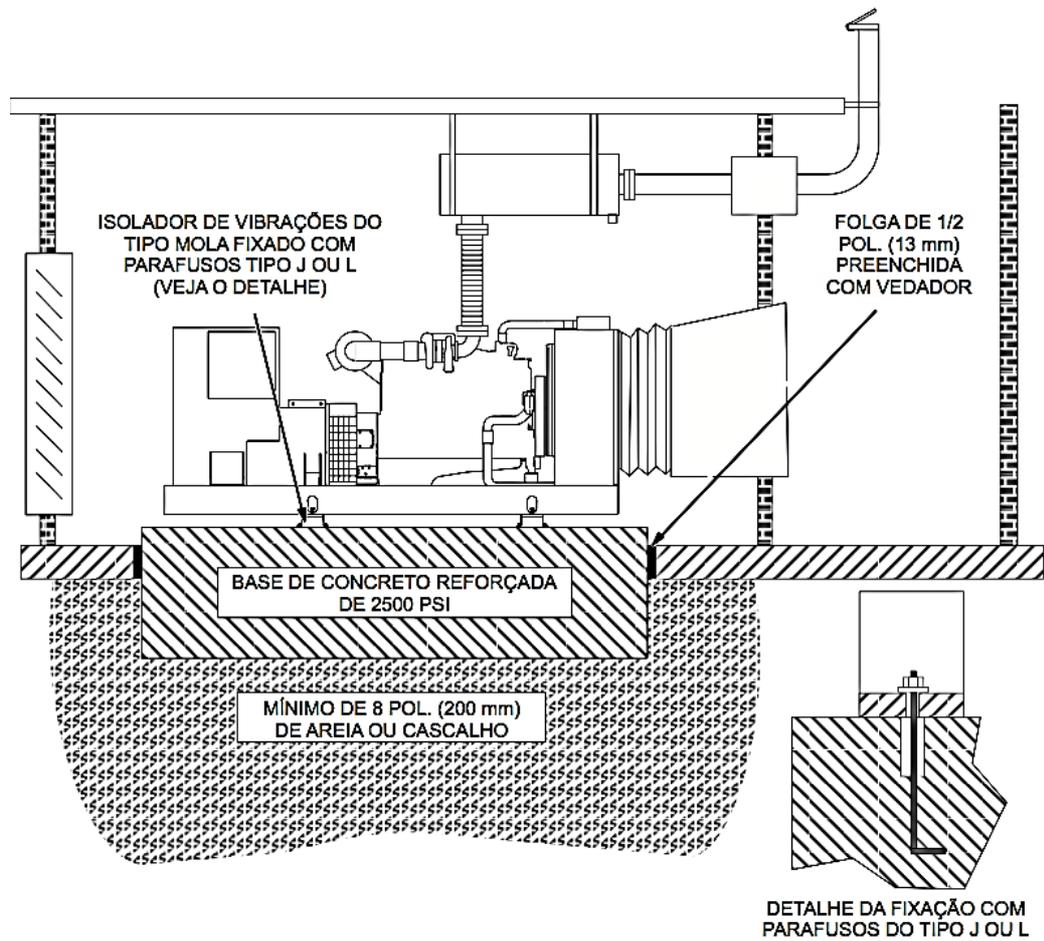


Figura 29 – Características típicas de uma fundação para isolamento de vibrações.

Fonte: Manual de aplicação Cummins Power Generation (2016)

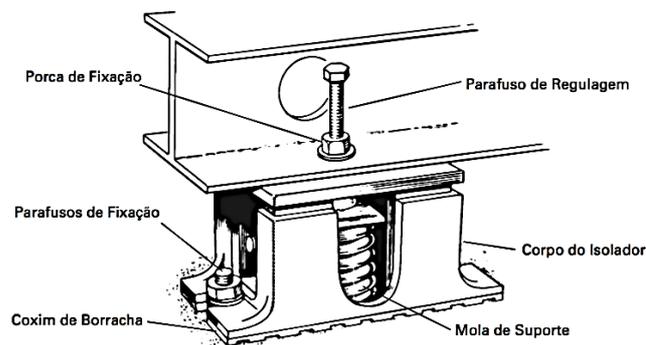


Figura 30 – Isolador de vibração feito com mola de aço, e grupo gerador montado sobre Isoladores de vibração feitos com molas de aço.

Fonte: Manual de aplicação Cummins Power Generation (2016)

As máquinas movidas a óleo diesel emitem ruídos em seu funcionamento devido aos atritos mecânicos, o ventilador de arrefecimento, a combustão, as peças móveis e o escapamento de gases do motor.

Os ruídos gerados pelo GMG não podem ultrapassar um limite estabelecido pela ABNT NBR10151/1999.

A tabela 11 da página seguinte estabelece os limites máximos de ruído aceitáveis por área de acordo com a norma ABNT NBR 10151/1999.

Tabela 11 - Níveis máximos de ruídos permitidos por tipo de área

Limite máximo de ruído		
Tipos de áreas	Diurno	Noturno
Área de sítio e fazendas	40 dB	35 dB
Área restritamente residencial urbana ou de hospitais ou de escolas	50 dB	45 dB
Área mista, predominantemente residencial	55 dB	50 dB
Área mista, com vocação comercial e administrativa	60 dB	55 dB
Área mista, com vocação recreacional	65 dB	55 dB
Área predominantemente industrial	70 dB	60 dB

Fonte: ABNT NBR 10151/1999

Os níveis máximos de ruído aceitáveis por área permitido para o câmpus é de 50 dB durante o dia e 45 dB durante a noite. Com o propósito de atender essa norma, o GMG escolhido já contempla em sua estrutura uma carenagem com a finalidade de reduzir os ruídos emitidos, e ainda será instalado dentro de uma edificação em alvenaria própria para sua acomodação (sala de máquinas), ao lado da Cabina 1, próximo ao estacionamento e entrada do Câmpus da UTFPR Ecoville, conforme ilustra a figura 31 a seguir.

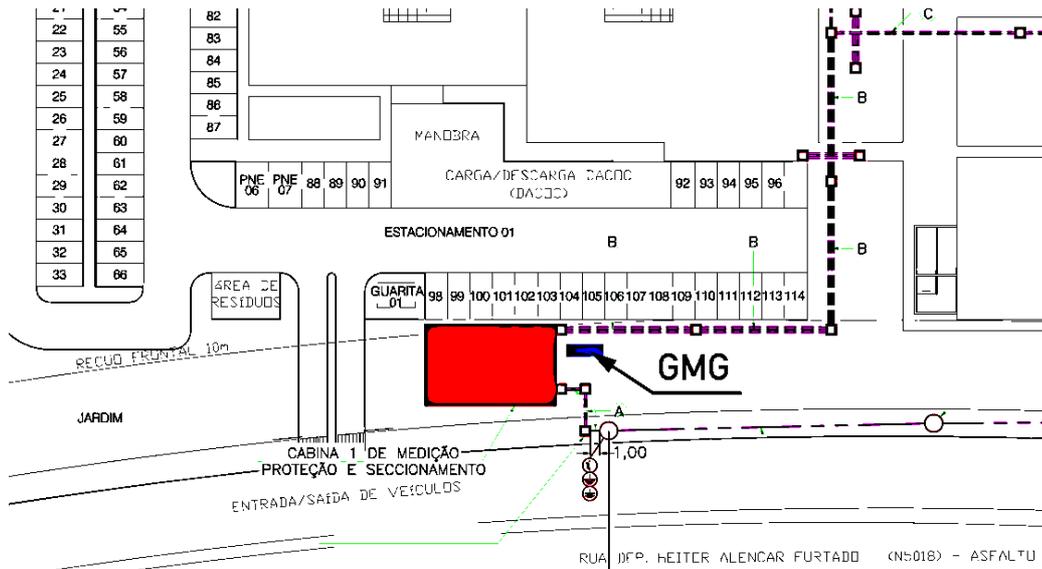


Figura 31 – Planta Câmpus Ecoville com a indicação do local escolhido para o GMG.

Fonte: UTFPR (2017)

A NR 12 também estabelece algumas diretrizes relacionadas ao acionamento das máquinas, porém o projeto do grupo gerador contempla acionamento automático, ou seja, sem a presença de uma pessoa responsável em operar o sistema, isso será feito diariamente e programado para ocorrer no horário de ponta pré-estabelecido. Essa automatização não exclui a possibilidade de operação manual, a qual irá atender as exigências da norma para os dispositivos: dispositivos de partida, acionamento e parada.

12.24 Os dispositivos de partida, acionamento e parada das máquinas devem ser projetados, selecionados e instalados de modo que:

- a) não se localizem em suas zonas perigosas;
- b) possam ser acionados ou desligados em caso de emergência por outra pessoa que não seja o operador;
- c) impeçam acionamento ou desligamento involuntário pelo operador ou por qualquer outra forma acidental;
- d) não acarretem riscos adicionais; e
- e) não possam ser burlados.

(NR 12, 2010, p. 4)

A instalação do grupo gerador irá contemplar os seguintes dispositivos de segurança:

- chaves de emergência, de parada rápida;
- chave seccionadora responsável por desenergizar totalmente a máquina durante a manutenção;
- botoeira de reset para ativar o equipamento após desativação.

3.5 Projeto Elétrico

É obrigatório para transferência das cargas do Câmpus Ecoville conectados a COPEL para o GMG, que ambos possuam mesma frequência de operação para permitir o paralelismo momentâneo (NTC 903105, 2011).

O paralelismo momentâneo possui uma duração menor ou igual a 15 segundos, esse período é necessário para que toda a carga alimentada pela concessionária de energia elétrica, seja transferida para o GMG, após esse tempo haverá a interrupção do fornecimento da energia pela concessionária.

Para desenvolvimento do diagrama unifilar com os respectivos locais de conexão, foi adotado a opção de ligação diretamente ao barramento de MT localizado na subestação da Cabina 1, nas conexões reservadas para instalações futuras conforme a figura 32 a seguir.

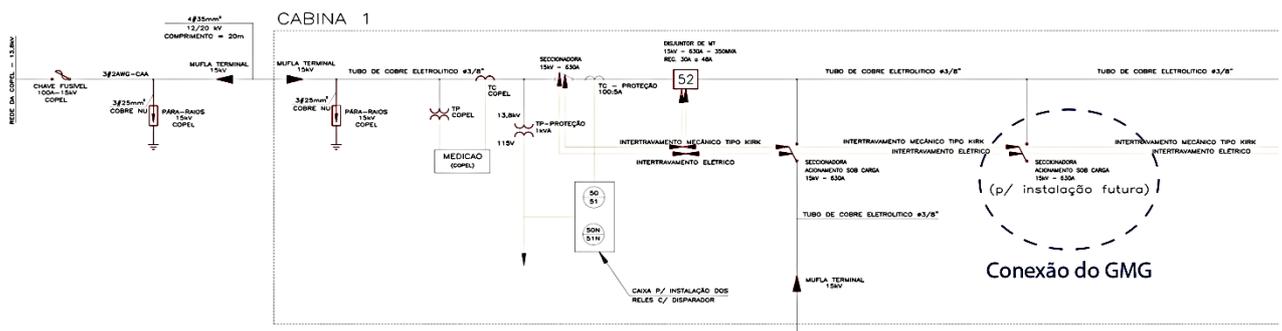


Figura 32 – Diagrama unifilar da entrada de energia do Câmpus da UTFPR Ecoville

Fonte: UTFPR (2017)

Se a alimentação fosse em BT, as distâncias entre as cabines de transformação e o local de instalação do GMG, acabam inviabilizando essa configuração, tanto por motivos financeiros como operacionais, pois seria necessário a ligação do grupo gerador com todos os ramais após os quadros transformadores de cada cabina, que estão localizadas conforme as figuras 33 e 34 a seguir.

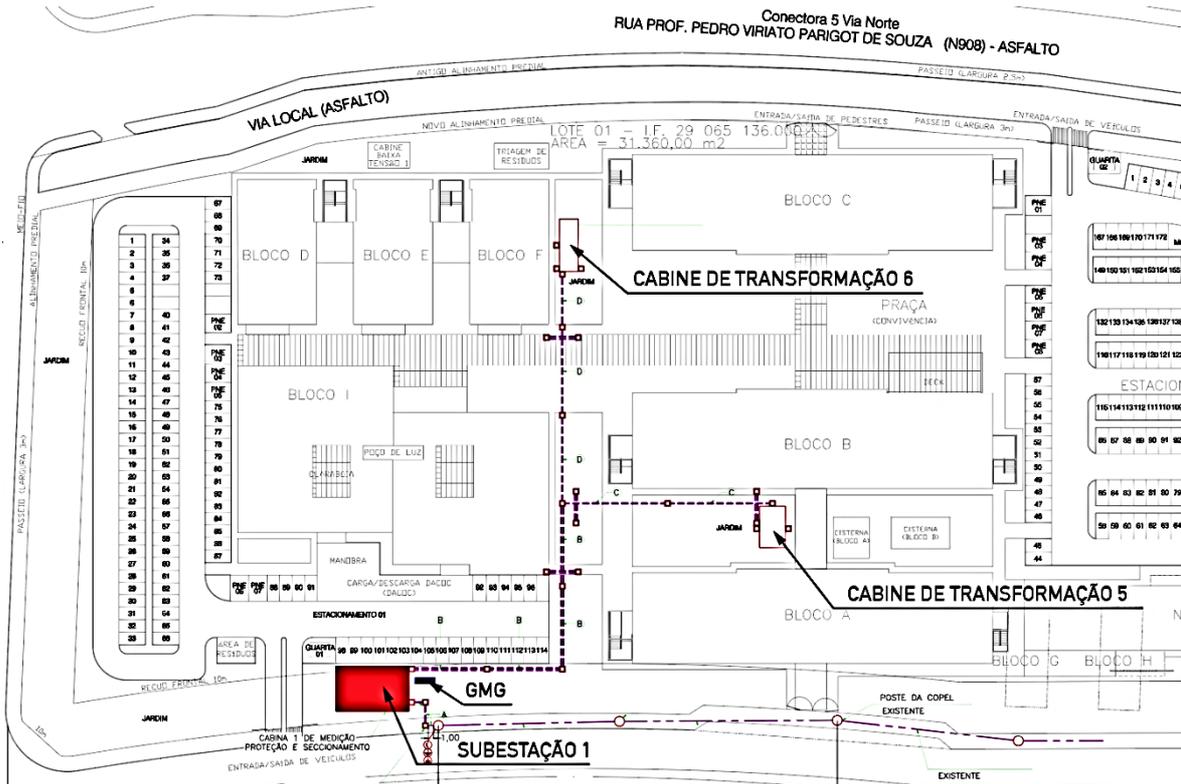


Figura 33 – Planta Câmpus UTFPR Ecoville – Detalhes dos ramais de alimentação e localização do GMG.

Fonte: UTFPR (2017)

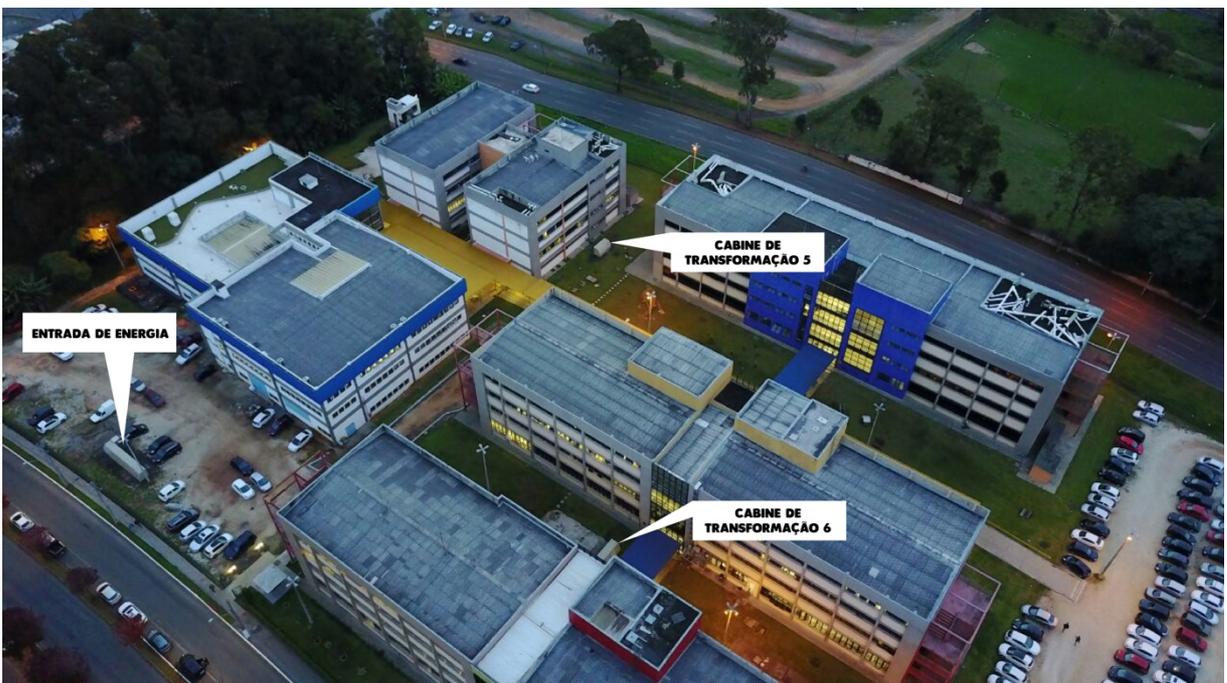
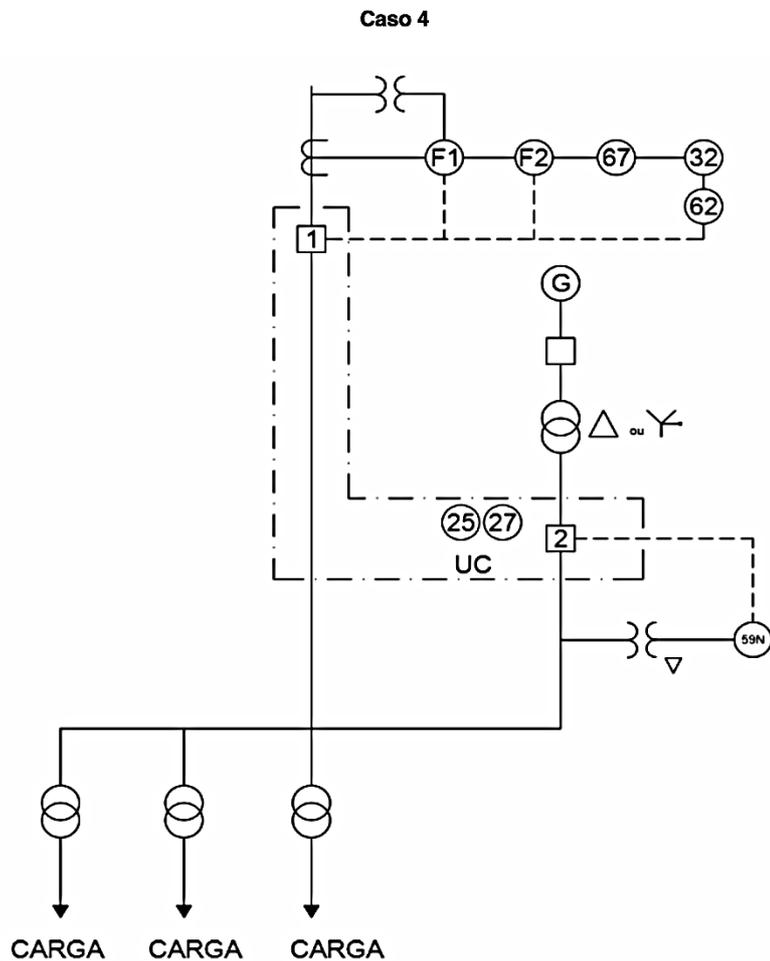


Figura 34 – Imagem aérea do Câmpus UTFPR Ecoville – Detalhes dos ramais de alimentação e localização do GMG.

Fonte: Própria (2017)

A geração interligada em MT necessita da instalação de um disjuntor geral para proteção do GMG e outro disjuntor de MT para o paralelismo e transferência da carga do GMG com o barramento de 13,8 kV da subestação da Cabina 1, que é a entrada de serviço da Copel (NTC 903105, 2011). Também necessita dos seguintes relés de proteção: funções 50/51 2 50/51N no disjuntor geral de alta tensão; 27 (subtensão), 32 (direcional de potência), 62 (temporizador), 67 (direcional de sobrecorrente) e 78 (medição de ângulo de fase/proteção contra falta de sincronismo) no disjuntor de interligação no lado da fonte, conforme o diagrama unifilar da figura 35 a seguir, ilustra a entrada de serviço da Copel e a ligação do GMG, escolhido como caso 4, segundo a norma (NTC 903105, 2011).



F1 – Função 50/51
F2 – Função 50/51 N

Figura 35 – Operação em Paralelismo Momentâneo – Caso 4

Fonte: NTC 903105/2011

O transformador conectado ao gerador e ao sistema de MT de 13,8 kV, terá o enrolamento primário conectado a Copel ligado em delta (lado AT) e seu enrolamento secundário ligado ao GMG em estrela aterrado (lado BT), de forma a isolar o mesmo do sistema de distribuição da Copel (NT 6.009, 2010).

Para realizar a conexão da BT do GMG com o barramento da subestação, será instalado um transformador a seco, em anexo a Cabina 1 do Câmpus Ecoville, com potência nominal de 400 kVA atendendo a demanda de 360 kVA do GMG, com uma tensão de transformação de 380 V(estrela aterrado da geração) e de 13,8 kV(delta lado da Copel), conforme ilustra as figuras 36 e 37 a seguir.

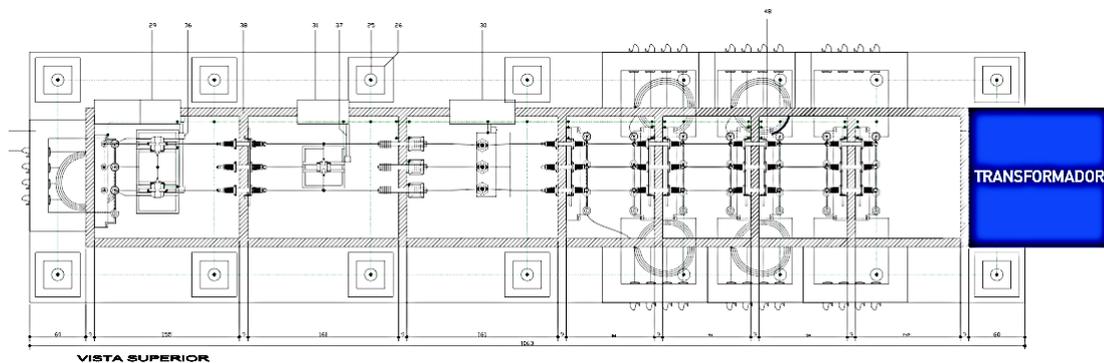


Figura 36 – Cabina 1 e a inclusão da instalação do transformador para o GMG

Fonte: UTFPR (2017)

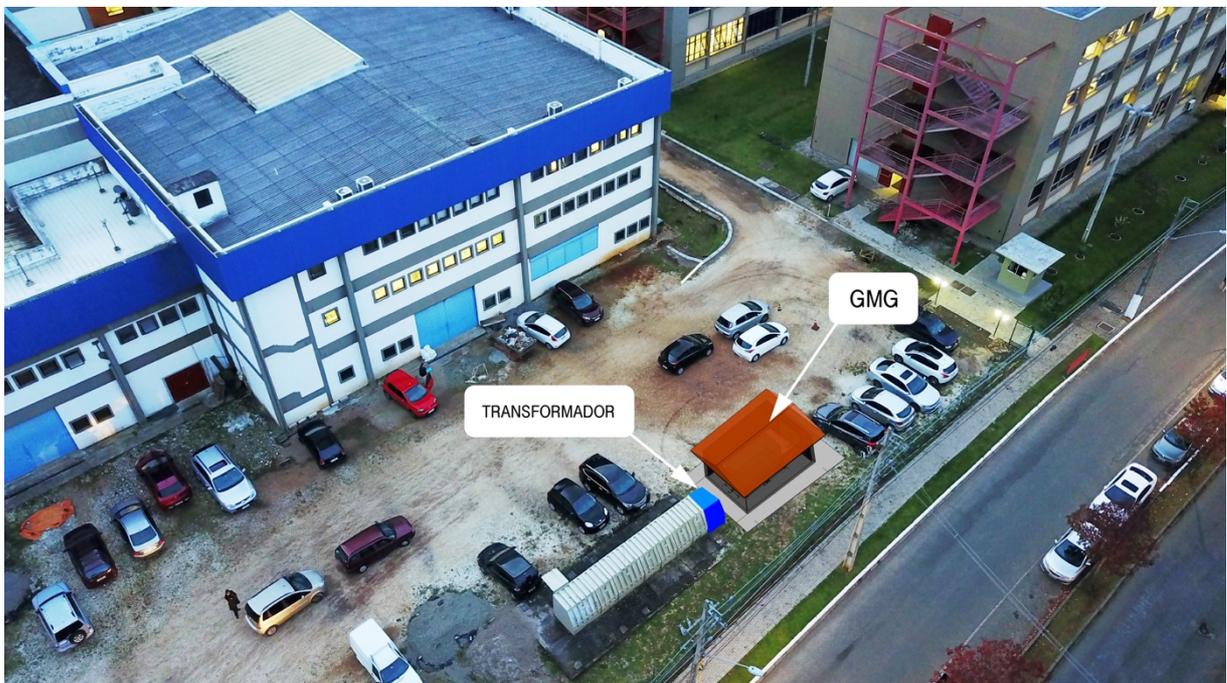


Figura 37 – Imagem aérea do Câmpus UTFPR Ecoville – Cabine a ser anexada a SE e a localização da casa de máquinas do GMG.

Fonte: Própria (2017)

Outros cuidados estão relacionados ao entorno da instalação, por se tratar de uma universidade, existirá um grande fluxo de pessoas ao redor das instalações do GMG. Em virtude dessa proximidade serão adotadas algumas medidas de proteção afim de garantir a integridade física das pessoas que circulam e trabalham próximas ao local a ser instalado.

Em instalações elétricas no geral, devem ser adotados medidas preventivas de controle do risco elétrico, através de técnicas de análise de risco, dessa forma para atender e possibilitar a garantia da segurança e da saúde no trabalho.

3.6 Payback

Após uma análise de dados da fatura, como consumo médio da UTFPR, demanda de energia, custo médio da UTFPR com a Copel e impostos por exemplo, foi gerado um orçamento pelo fornecedor do SDMO Maquigeral. Também foram levantados os custos com projeto civil, cabeamento elétrico, proteção e transformador elevador. Foram estimados os valores dispostos na tabela 12.

Tabela 12 – Custos considerados para análise econômica.

ITEM	DESCRIÇÃO	FORNECEDOR	CUSTO (R\$)
1	GMG SDMO Maquigeral, modelo DC9, operação prime, potência de 360 kVA, na tensão de 380/220 V, frequência 60 Hz, carenado e silenciado.	SDMO Maquigeral	217.450,00
2	Transformador de potência a seco de 400 kVA, 13,8 kV em 380/220 V, frequência 60 Hz.	SIEMETRAFO	25.950,00
3	Materiais e mão-de-obra inerentes as instalações de BT e MT	N/A	40.000,00
4	Construção civil, alvenaria, reforço estrutural e mão de obra.	JC Construções SA	37.250,00
		Total	320.650,00

Fonte: Própria (2017).

Levando em consideração os custos levantados acima e os dados das faturas da UTFPR do período entre fevereiro de 2016 e janeiro de 2017, foi realizado um estudo horossazonal por uma empresa que preferiu permanecer anônima conforme anexo B (Estudo horossazonal, 2017, p.90) que gerou os resultados da página seguinte.

Custo médio mensal da Concessionária
Custo operacional da Usina
Economia Mensal
Investimento com o GMG
Investimentos adicionais
Investimento com a Usina
Tempo de retorno do investimento

R\$ 16.830,37
R\$ 6.985,52
R\$ 10.431,36
R\$ 217,450,00
R\$ 103,200,00
R\$ 320.650,00
31 meses

Para o cálculo do *payback* foi utilizada a economia mensal de R\$ 10.431,36 como valor de amortização e o investimento total de R\$ 320.650,00 com a usina como saldo devedor. Como pode ser observado no anexo 2, efetuando a divisão do investimento total pela economia mensal chega-se a um valor aproximado de 31 meses. Na tabela 13 pode-se verificar o tempo necessário para recuperar o valor investido e passar a ter saldo positivo para investimentos em melhorias na universidade.

Tabela 13 – Tabela de amortização.

Mês	Amortização	Saldo devedor	Mês	Amortização	Saldo devedor
		-R\$320.650,00	jan/19	R\$10.431,36	-R\$122.454,16
jul/17	R\$10.431,36	-R\$310.218,64	fev/19	R\$10.431,36	-R\$112.022,80
ago/17	R\$10.431,36	-R\$299.787,28	mar/19	R\$10.431,36	-R\$101.591,44
set/17	R\$10.431,36	-R\$289.355,92	abr/19	R\$10.431,36	-R\$91.160,08
out/17	R\$10.431,36	-R\$278.924,56	mai/19	R\$10.431,36	-R\$80.728,72
nov/17	R\$10.431,36	-R\$268.493,20	jun/19	R\$10.431,36	-R\$70.297,36
dez/17	R\$10.431,36	-R\$258.061,84	jul/19	R\$10.431,36	-R\$59.866,00
jan/18	R\$10.431,36	-R\$247.630,48	ago/19	R\$10.431,36	-R\$49.434,64
fev/18	R\$10.431,36	-R\$237.199,12	set/19	R\$10.431,36	-R\$39.003,28
mar/18	R\$10.431,36	-R\$226.767,76	out/19	R\$10.431,36	-R\$28.571,92
abr/18	R\$10.431,36	-R\$216.336,40	nov/19	R\$10.431,36	-R\$18.140,56
mai/18	R\$10.431,36	-R\$205.905,04	dez/19	R\$10.431,36	-R\$7.709,20
jun/18	R\$10.431,36	-R\$195.473,68	jan/20	R\$10.431,36	R\$2.722,16
jul/18	R\$10.431,36	-R\$185.042,32	fev/20	R\$10.431,36	R\$13.153,52
ago/18	R\$10.431,36	-R\$174.610,96	mar/20	R\$10.431,36	R\$23.584,88
set/18	R\$10.431,36	-R\$164.179,60	abr/20	R\$10.431,36	R\$34.016,24
out/18	R\$10.431,36	-R\$153.748,24	mai/20	R\$10.431,36	R\$44.447,60
nov/18	R\$10.431,36	-R\$143.316,88	jun/20	R\$10.431,36	R\$54.878,96
dez/18	R\$10.431,36	-R\$132.885,52	jul/20	R\$10.431,36	R\$65.310,32
Payback		31 meses			

Fonte: Própria.

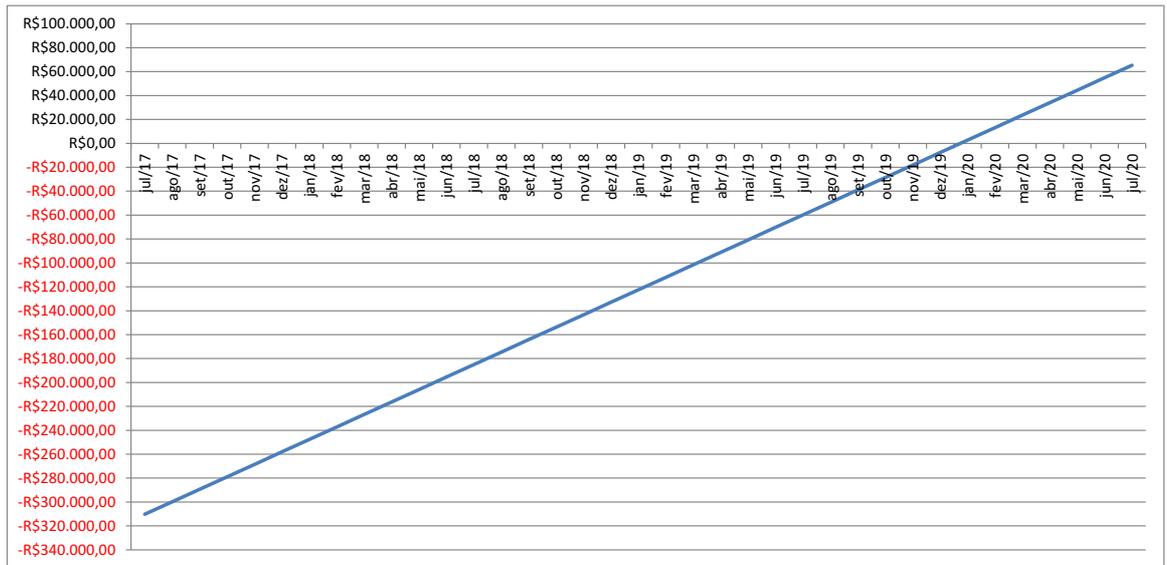


Figura 38 – Gráfico de amortização.

Fonte: Própria (2017)

Portanto, como pode ser observado, a economia mensal é considerável e o tempo de retorno do investimento é relativamente curto.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O objetivo principal deste trabalho foi a identificação de uma alternativa para diminuir os gastos com energia elétrica no Câmpus Ecoville da UTFPR. Em razão disso, foi realizado um estudo para verificar a viabilidade da implementação de um GMG a óleo diesel para suprir a demanda de energia da universidade em horário de ponta, substituindo assim completamente o sistema de distribuição da concessionária neste horário.

Como foi observado no decorrer do trabalho, o valor da tarifa de energia varia em determinados períodos do dia, períodos estes distinguidos como horário de ponta e horário fora de ponta. Estes valores alteram-se de acordo com a modalidade tarifária do consumidor.

Após uma análise das faturas do Câmpus Ecoville durante o período de um ano, verificou-se que a demanda máxima da universidade no horário de ponta foi 210,81 kW. Portanto, optou-se pela instalação de um GMG de aproximadamente 355 kVA operando no regime prime. Pelo fato de ser uma instituição de ensino deve-se evitar ao máximo ruídos intensos, por este motivo decidiu-se por utilizar um GMG carenado e com sistema de silenciador.

Um pré-projeto civil foi desenvolvido, levando em consideração questões como logística, indisponibilidade de espaço no interior da universidade e proximidade com a subestação da UTFPR. Como a universidade possui barramento MT de distribuição, também foi incluído no orçamento um transformador adicional para realizar a transformação da tensão BT gerada de 220/380 V para 13,8 kV.

Os custos de aquisição do GMG e da instalação de toda a estrutura necessária ao gerador são os valores iniciais do investimento para implantação do GMG's. Após o levantamento destes custos foi realizado um estudo horossazonal utilizando também os dados das faturas da universidade para analisar financeiramente o *payback* dos investimentos feitos para a aquisição e instalação do GMG. Os gastos mensais deste estudo são referentes à manutenção preventiva que deve ser realizada no GMG e do consumo de óleo diesel.

O estudo horossazonal apontou uma economia mensal de R\$10.431,36 e um tempo de *payback* de trinta e um (31) meses. Portanto, a economia mensal é considerável e o tempo de retorno do investimento é relativamente curto.

Após o retorno do dinheiro gasto com o investimento em geração, a universidade irá apresentar uma redução nos custos com energia elétrica e conseqüentemente auxiliar na diminuição dos gastos do governo. Outro fator relevante condiz com a questão dos investimentos públicos, que contribuem para o desenvolvimento tecnológico e social, de forma que este modelo de projeto pode ser utilizado como fonte alternativa de geração de energia em outras instituições de ensino com consumos semelhantes.

Logo, conclui-se que os objetivos propostos por este trabalho foram alcançados de maneira satisfatória.

Os resultados que o Câmpus Ecoville da UTFPR podem alcançar com este projeto são inegavelmente positivos a curto prazo, possibilitando assim uma melhor utilização do dinheiro remanescente para melhorias estruturais, de equipamentos e atividades acadêmicas.

REFERÊNCIAS

ABNT NBR 5492 - Confiabilidade e Manutenibilidade. Ed. 1994.

ANEEL, Cadernos Temáticos. "Micro e Minigeração Distribuída." Sistema de Compensação de Energia Elétrica. Brasília, DF, Brasil: Centro de Documentação–Cedoc (2014).

ANEEL. Agência Nacional de Energia Elétrica. Resolução nº456: Estabelece de forma atualizada e consolidada, as Condições Gerais de Fornecimento de Energia Elétrica, de 29 de novembro de 2000. Disponível em <<http://goo.gl/FL01P>>. Acessado em 5 de abril de 2016.

ARIZA, Cláudio Fernandes. Introdução à aplicação de manutenção preventiva. São Paulo, SP: McGraw-Hill, 1978. 231 p.

BARBOSA, W. P. GERAÇÃO DISTRIBUÍDA: VANTAGENS E DESVANTAGENS. Disponível em: <https://goo.gl/WzyBYL> Acesso em: 02 outubro 2016

BRAHMA, Sukumar M. Fault Location in Power Distribution System With Penetration of Distributed Generation. IEEE Transactions on Power Delivery, vol. 26, nº. 3, pp. 1545–1553. Jul. 2011.

BRASIL. MINISTÉRIO DO TRABALHO E EMPREGO. Portaria nº197, de 17 de dezembro de 2010, NR-12 – Segurança no Trabalho em Máquinas e Equipamentos.

BRETAS A. and SALIM R., Fault location in unbalanced DG systems using the positive sequence apparent impedance, IEEE/Power Eng. Soc. Transmission Distribution Conf. Expo.: Latin America, pp. 1–6. Ago.2006.

BRUNETTI, Franco. Motores de combustão interna. São Paulo, SP: Blucher, 2012. 2 v. ISBN 9788521207085

CALDERARO V., PICCOLO A., GALDI V., and SIANO P., Identifying fault location in distribution systems with high distributed generation penetration, IEEE AFRICON 2009, pp. 1–6. Set. 2009.

CHAO Y., XIANGJUN Z., and YUNFENG X. Improved algorithm for fault location in distribution network with distributed generations. Int. Conf. Intelligent Computation Technology and Automation, vol. 2, pp. 893–896. Out. 2008.

COPEL. Companhia Paranaense de Eletricidade – Informações Úteis - Horário de Ponta, 2015. Disponível em <<http://goo.gl/d6V9Lp>>. Acessado em 5 de abril de 2016.

COPEL. NTC 903105: Geração Própria com Paralelismo Momentâneo. Curitiba, 2011.

CUMMINS Power Generation, Manual. "Engenharia de Aplicações." Manual de aplicações para Grupos Geradores arrefecidos a água. Minneapolis, MN, USA: dez. 2011.

Dados Relevantes – Operador Nacional do Sistema Elétrico. “Estrutura da Capacidade Instalada no SIN, 2014”. Disponível em <<http://goo.gl/N9GKyD>>. Acessado em 30 de abril de 2016.

FARIA, Jose Geraldo de Aguiar. Administração da manutenção: sistema P.I.S. . São Paulo, SP: E. Blücher, c1994. 112 p.

GALDINO, Jean Carlos da Silva. Curso. " Manutenção de ferrovia – Eletrotécnica II - 2011.2 " Disponível em: <https://goo.gl/wDtZ7D> Acesso em: 19 outubro 2016

Gonçalves Filho, Francisco Molinari, Luigi Marani Garbelini, and Luis Guilherme Izycki. "Estudo de caso para implantação de grupo moto-gerador na Universidade Tecnológica Federal do Paraná." (2015).

INEE. INSTITUTO NACIONAL DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA. Notas sobre geração Distribuída. Disponível em: <https://goo.gl/NGYxS5>. Acesso em: 02 outubro 2016.

JAVADIAN S., HAGHIFAM M., and REZAEI N.. A fault location and protection scheme for distribution systems in presence of DG using MLP neural networks. IEEE Power Energy Soc. Gen. Meeting. Julho de 2009, pp. 1-8.

LOPES, Yona; FERNADES, Natalia Castro; MUCHALUAT-SAADE, Débora Christina. Geração Distribuída de Energia: Desafios e Perspectivas em Redes de Comunicação. Disponível em: <http://sbrc2015.ufes.br/wp-content/uploads/Ch2.pdf>. Acesso em: 02 outubro 2016

LORA, Electo Eduardo Silva; HADDAD, Jamil (Coord.). Geração Distribuída: aspectos tecnológicos, ambientais e institucionais. Rio de Janeiro, RJ: Interciência, 2006. xv, 240 p. ISBN 8571931453.

LUIZ, Cicéli Martins. Avaliação dos Impactos da Geração Distribuída para Proteção do Sistema Elétrico. 2012. Tese de Doutorado. Dissertação de Mestrado, UFMG.

MARTINS, Jorge. Motores de combustão interna. PUBLINDÚSTRIA, EDIÇÕES TÉCNICAS. Porto, Portugal. 2º ed. 2006, 462 p. ISBN 973-8953-02-X

NR-10 – Segurança em Instalações e Serviços em Eletricidade – Ed. 2004.

O QUE É GERAÇÃO DISTRIBUÍDA – GD. Disponível em: <https://goo.gl/tB7GkA>
Acesso em: 02 outubro 2016.

OLADE. ORGANIZACIÓN LATINOAMERICANA DE ENERGÍA. Curso de la Generación Distribuida. SABA System., 2011. Disponível em: <http://www.olade.org/elearning>. Acesso em 02 outubro 2016.

PEREIRA, José Claudio. "Motores e Geradores—Princípio de funcionamento, instalação e manutenção de grupos diesel geradores, 2006."

Disponível em: http://www.joseclaudio.eng.br/grupos_geradores_7.html

Acesso em: 15 de outubro de 2016.

PINTO, Alan Kardec; NASCIF, Júlio; BARONI, Tarcísio. Gestão estratégica e técnicas preditivas. Rio de Janeiro, RJ: Qualitymark; ABRAMAN - Associação Brasileira de Manutenção, 2002. 136 p. (Manutenção; 2). ISBN 85-7303-380-0.

PROCEL Indústria – Eficiência Energética na Indústria, 2009. Disponível em: <http://arquivos.portaldaindustria.com.br/app/conteudo_24/2012/09/05/220/20121126132514523849i.pdf>. Acessado em 09 de abril de 2016.

REIS, Lineu Belico dos. Geração de energia elétrica: tecnologia, inserção ambiental, planejamento, operação e análise de viabilidade. 3. ed. Barueri, SP: Manole, 2003. 324 p. ISBN 85-204-1536-9.

ROSSI, Marx Caram. Esquema de sincronismo automático aplicado em geradores síncronos distribuídos. 2015. Trabalho de Conclusão de Curso de Engenharia Elétrica com ênfase em Sistemas de Energia e Automação – Escola de Engenharia de São Carlos, São Carlos.

TOLMASQUIM, Maurício Tiomno; GUERREIRO, Amilcar. Geração de energia elétrica no Brasil. Rio de Janeiro, RJ: Interciência; Cenergia, 2005. 198 p. ISBN 8571931259.

TUNDISI, José Galizia. Exploração do potencial hidrelétrico da Amazônia. **Estud. av.**, São Paulo, v. 21, n. 59, p. 109-117, abr. 2007. Disponível em <<http://goo.gl/OqsFea>>. Acessado em 04 maio 2016.

UDAETA, Miguel Edgar Morales, BAITELO, Ricardo Lacerda, BURANI, Geraldo Francisco *et al.* Comparação da produção de energia com diesel e biodiesel analisando todos os custos envolvidos. In: ENCONTRO DE ENERGIA NO MEIO RURAL, 5., 2004, Campinas.

VASCONCELLOS, Alexandre. Paralelismo de Sistemas Industriais Autogera

WEG. Características e especificações de geradores, 2012.

Disponível em: <http://ecatalog.weg.net/files/wegnet/WEG-curso-dt-5-caracteristicas-e-especificacoes-de-geradores-artigo-tecnico-portugues-br.pdf> Acessado em 10 de maio de 2016.

Anexo 1 – Proposta Comercial SDMO Maquigeral.

PARA: UTPFR – UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
 CID. / EST: CURITIBA / PR
 ATT: Prof. MARCELO BARCIK
 TEL: (41) 3310-4626
 E-MAIL:

DATA: 19/06/2017

Nº PAG. INCLUINDO ESTA: 08

PROPOSTA: P. TCC-2017 – rev01

Agradecendo sua consulta, apresentamos nossa proposta para fornecimento do equipamento descrito abaixo:

- Cargas a serem alimentadas: Não informadas (potência definida por V.S.as.)
- Escopo de Fornecimento:

01 Grupo Gerador Super Silenciado para uso como Fonte Auxiliar, modelo 5260, operação automática, potência de 325/360 KVA em regime Stand-By/Prime na tensão de 380/220 Volts, frequência 60 Hz, fator de potência 0,8 ind., para alimentar cargas variáveis em instalação ao tempo.

O equipamento será composto basicamente por:

- Motor Diesel SCANA, modelo DC9 refrigeração por radiador.
- Alternador Síncrono Trifásico BRUSHLESS, 1800 RPM, com respectivo regulador eletrônico de tensão.
- Base metálica para o conjunto.
- Painel de Comando automático microprocessado, modelo USCAMAQ31C.
- Acessórios incluídos na linha padrão:
 - Baterias de partida e cabos com terminais;
 - Conjunto de apoios elásticos Vibrastop;
 - 01 X silenciador de alto rendimento e flexível em inox;
 - Tanque de combustível incorporado à base;
 - Sistema de pré-aquecimento;
 - Carregador de baterias;
 - Documentação técnica padrão Maquígeral.
- Opcionais incluídos no fornecimento:
 - 01 Quadro de transferência automática rede/gerador incorporado à carcaça, formado por 02 (dois) Disjuntores tripolares de 800 A, sistema de transferência em rampa (STR);
 - Regulador eletrônico de velocidade;
 - Relé função SEPAM (instalado no QTA);
 - Carcaça estruturada para aplicação ao tempo em chapas de aço carbono com pintura a pó-base poliéster AZUL, RAL 5007, revestimento interno com material acústico tipo lã de vidro. Nível de ruído médio do conjunto - 75dB(A) +/- 3dB(A) @ 1,5 metros. Nesta configuração de montagem o tanque de combustível e o silenciador/flexível serão montados na própria base do conjunto (não serão fornecidos em avulsos). O nível de ruído informado se refere a média de medição em 6 pontos (4 vértices, 2 laterais e 2 nos extremos) ao redor da máquina na distância indicada, em condições de campo livre com tolerância de +/- 3dB(A) e ruído de fundo Máximo de 45dB(A);
 - Bocal de abastecimento externo;
 - Decalizador;

Eng.º Paulo Sérgio de Carvalho
 Gerente de Engenharia

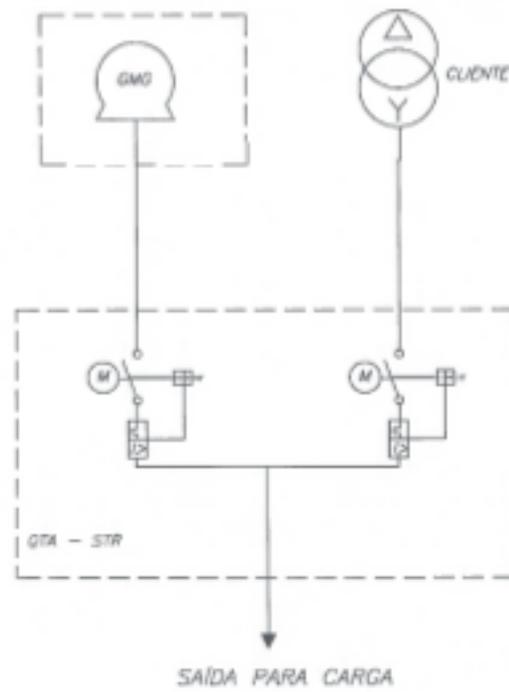
br.sdmo.com

1

Matriz SP (11) 3789-6000	Santa Catarina (48) 3047-1414	Minas Gerais (31) 3295-4355	Rio Grande do Sul (51) 3428-4202
Rio de Janeiro (21) 3153-8032	Bahia (71) 3379-5570	Paraná (41) 3218-3409	Pernambuco (81) 3467-1718

SDMO-2017

Diagrama unifilar:



Eng.º Paulo Sérgio do Carmo
Gerente de Projetos e Estudos

br.sdmo.com

2

Matriz SP
(11) 3789-6000

Santa Catarina
(48) 3047-1414

Minas Gerais
(31) 3295-4355

Rio Grande do Sul
(51) 3428-4202

Rio de Janeiro
(21) 3153-8032

Bahia
(71) 3379-5570

Pernambuco
(41) 3218-3409

Pernambuco
(81) 3467-1718

01/01/2017

Painel de comando automático microprocessado USCAMAQ-31C.

• Características básicas

- Suporte para motores com ECU (J1939, Modbus e outras interfaces proprietárias); códigos de alarmes mostrados na forma de texto;
- Sincronismo automático e controle de potência (via regulador de velocidade ou ECU);
- Base de carga, Importação/Exportação;
- Pico de demanda;
- Controle de tensão e FP (AVR);
- Medições do Gerador: V, I, Hz, kW, kVA, kVAR, FP, kWh, kVAh;
- Medições da Rede: V, I, Hz, kW, kVA, kVAR, FP;
- Entradas e saídas configuráveis para diversas necessidades dos usuários;
- Interface RS232 / RS485 - sistema com suporte para Modbus;
- Suporte para modem Analógico/GSM1SDNCDMA; mensagens SMS;
- Interface para ECU Modbus;
- Histórico de avarias (até 500 registros) com lista de valores armazenados selecionáveis pelo usuário; RTC;
- Estatísticas;
- CLP integrado com funções programáveis;
- Interface para display remoto, modelo IG-Display (Opcional);
- Interface com 15 LEDs para visualização de status e alarmes, modelo IGL-RA15 (Opcional);

• Vista frontal



• Medições

○ Gerador

- Tensão fase-fase; fase-neutro
- Corrente R-S-T
- Fator de Potência (cos ϕ)
- Potência kW, kVA, kVA
- Potência máxima em pico kW
- Frequência (Hz)
- Energia kWh
- Reativa kvarh

○ Motor

- Tensão de baterias
- Temperatura de água
- Pressão do óleo lubrificante
- Proteção (FPM)
- Horas de funcionamento
- Número de partida

Eng. Paulo Sérgio de Carvalho
Gerente Geral - Produtos Especiais

br.sdmo.com

3

Matriz SP (11) 3789-6000	Santa Catarina (48) 3047-1414	Minas Gerais (31) 3295-4355	Rio Grande do Sul (51) 3428-4202
Rio de Janeiro (21) 3353-8032	Bahia (71) 3379-5570	Paraná (41) 3218-3409	Pernambuco (81) 3467-1718

SDMO 2014

Ajustes

- Ajustes básicos
 - Potência nominal, Range: 0,1– 320.000 kW.
 - Limite da corrente, Range: 1 – 10.000 A.
 - Relação dos transformadores de corrente, Range: 1 – 15.000A.
 - Relação dos transformadores de corrente.
 - Relação do transformador de corrente da rede ou fuga a terra, Range: 1 – 15.000A.
 - Relação do transformador de corrente da rede ou fuga a terra.
 - Relação dos transformadores de tensão do grupo gerador, Range: 1 – 500.
 - Seleção de range de entrada tensão.
 - Relação dos transformadores de tensão da rede, Range: 1 – 500.
 - Seleção de range de entrada tensão.
 - Tensão nominal do grupo gerador (fase-neutro), Range: 80 – 300.000 V.
 - Tensão nominal do grupo gerador (fase-fase), Range: 130 – 600.000 V.
 - Tensão nominal do grupo gerador (fase-neutro), Range: 80 – 300.000 V.
 - Tensão nominal do grupo gerador (fase-fase), Range: 130 – 600.000 V.
 - Seleção de range de entrada tensão.
 - Freqüência nominal do grupo gerador, Range: 45 – 65 Hz.
 - Número de dentes do motor, Range: 0 – 500. Quando não está sendo utilizado o pick-up, coloque o número de dentes igual a zero e o controlador calcula a velocidade pela freqüência.
- **Modos de operação**
 - Automático
 - Manual
 - Teste (COM CARGA ou SEM CARGA)
 - **Proteção e controle do GMG + QTA: falha automática da rede com transferência aberta (operação AMF).**
 - Partida automática do grupo gerador na falta de energia da rede;
 - Controle do DJR e DJR;
 - Transferência aberta na falta de rede;
 - Transferência aberta no retorno da rede;
 - Modo teste;
 - Horário de Ponta (transferência aberta);
 - Hardware necessário: USCAMAQ-31C.
 - **Proteção e controle do GMG + QTA com STR: falha automática da rede com transferência em rampa (operação SPTM).**
 - Partida automática do grupo gerador na falta de energia da rede;
 - Controle do DJG e DJR;
 - Transferência em rampa de falha de rede;
 - Transferência em rampa com retorno da rede;
 - Paralelismo contínuo com rede;
 - Modo teste;
 - Proteção de potência reversa;
 - Importação e exportação de carga;
 - Base de carga;
 - Partida por pico de demanda (Peak Shaving);
 - Horário de Ponta (transferência aberta);
 - Hardware necessário: USCAMAQ-31C.
 - **Proteção e controle do GMG + QCP: paralelismo entre GMGs (operação MINT).**
 - Na aplicação MINT o controlador não reconhece a rede;
 - Partida automática quando a entrada binária Sys start/stop e fechado;
 - Após o tempo mínimo de estabilidade definido, a tensão e freqüência dentro dos limites estabelecidos, então o DJG é fechado;
 - Sincronismo entre grupos gerador e barramento;
 - Divisão de carga ativa e reativa;


Eng. Paulo Sérgio de Carvalho
Gerente de Engenharia

br.sdmo.com

4

Matriz SP (11) 3789-6000	Santa Catarina (48) 3047-1414	Minas Gerais (31) 3295-4355	Rio Grande do Sul (51) 3428-4202
Rio de Janeiro (21) 3153-8032	Bahia (71) 3379-5570	Paraná (41) 3218-3409	Pernambuco (81) 3467-1718

01/2017-2018

- Gerenciamento de carga (Partida e parada dependendo da carga)
- Hardware necessário: USCAMAQ-31C.
- **Proteção e controle do GMG + QCP + QTA: paralelismo entre GMGs e falha automática da rede com transferência aberta**
 - Sistema reconhece a falta de energia;
 - Paralelismo dos grupos geradores com a rede e transferência em rampa;
 - Comando externo reconhece a falta de energia da rede e envia o comando de partida dos grupos geradores;
 - Partida automática quando a entrada binária Sys start/stop é fechado;
 - Após o tempo mínimo de estabilidade definido, a tensão e frequência dentro dos limites estabelecidos, então o DJG é fechado;
 - Sincronismo entre grupos gerador e barramento;
 - Divisão de carga ativa e reativa;
 - Gerenciamento de carga (Partida e parada dependendo da carga).
 - Hardware necessário: USCAMAQ-31C+ USCAMAQ-31CR
- **Proteção e controle do GMG + QCP + QTA STR: paralelismo entre GMGs e falha automática da rede com transferência em rampa**
 - Sistema reconhece a falta de energia;
 - Paralelismo dos grupos geradores com a rede e transferência em rampa;
 - Comando externo reconhece a falta de energia da rede e envia o comando de partida dos grupos geradores;
 - Partida automática quando a entrada binária Sys start/stop é fechado;
 - Após o tempo mínimo de estabilidade definido, a tensão e frequência dentro dos limites estabelecidos, então o DJG é fechado;
 - Sincronismo entre grupos gerador e barramento;
 - Divisão de carga ativa e reativa;
 - Gerenciamento de carga (Partida e parada dependendo da carga).
 - Hardware necessário: USCAMAQ-31C+ USCAMAQ-31CR
- **Dados técnicos**
 - Tensão de alimentação: 0 - 36 VCC;
 - Corrente: 100 - 400 mA dependendo da tensão de alimentação e temperatura;
 - Temperatura de operação: - 20°C a + 70 °C;
 - Proteção na frente do módulo: IP65;
 - Dimensões: (150 X 120 X 80) mm;
 - Peso: 950 gramas;
 - Corrente nominal de medição (via TC): 5 A;
 - Corrente máxima de medição (via TC): 10 A;
 - Fio de corrente (via TC): 120 A / 1 s;
 - Máxima corrente por longo período (via TC): 12 A;
 - Faixa de leitura de tensão: 0 - 277 VAC fase - neutro e 0 - 480 VAC fase - fase;
 - Leitura máxima de tensão: 346 VAC fase - neutro e 600 VAC fase - fase;
 - Tipo do sensor para medição de velocidade: pick-up magnético;
 - Mínima tensão do pick-up: 2 Vpp (entre 4 Hz to 4 kHz);
 - Máxima tensão do pick-up: 50 Vef;
 - Mínima frequência de medição: 4 Hz;
 - Máxima frequência de medição: 10 kHz (mínima tensão de entrada 6 Vpp);
 - Quantidade de entradas binárias: 12 (impedância 4k7 ohms);
 - Quantidade de entradas analógicas: 03 (Resolução de 10 bits);
 - Saída analógica para controle de velocidade: 0 - 10 VDC, Max 15 Ma
- **Aviços**
 - Manutenção preventiva a cada 200 horas (programável)
 - Histórico dos últimos 500 eventos indicando ano/mês/dia/hora/min/seg.
 - Tempo de ultrapassagem de potência nominal
- **Supervisão remota**
 - Saída serial RS232 e RS485 integrado ao módulo, com protocolo MODBUS RTU, para supervisão via PC com softwares comerciais.

Eng.º Paulo Sérgio de Carvalho
Gerente de Produtos Especiais

br.sdmo.com

5

Matriz SP (11) 3789-6000	Santa Catarina (48) 3047-1414	Minas Gerais (31) 3295-4355	Rio Grande do Sul (51) 3428-4202
Rio de Janeiro (21) 3153-8032	Bahia (71) 3379-5570	Paraná (41) 3218-3409	Pernambuco (81) 3467-1718

E-0002012

- Bateria serial RJ45 (como opcional), com protocolo MODBUS RTU, para supervisão via PC com softwares comerciais.
 - Software padrão SDMO com acesso via serial RS232, RS485 ou RJ45. Possibilidade de comunicação via Internet ou GPRS.
- **Proteções integradas fixas e configuráveis**
 - Proteções integradas nas 3 fases do gerador (V + f);
 - Sobrecorrente temporizada + proteção de curto circuito;
 - Proteção de sobrecarga;
 - Proteção de potência reversa;
 - Proteção de fuga em terra;
 - Proteções integradas nas 3 fases da rede (V + f);
 - Proteção de vetor de deslocamento;
 - Todas as entradas binárias/análogicas são livres para configurações de vários tipos de proteções: apenas registro no histórico / apenas alarme / aviso / desliga carga / parada lenta / abertura de disjuntor e resfriamento / desligamento / proteção da rede / falha do sensor;
 - 180 proteções adicionais programáveis e configuráveis para criar uma proteção específica.
 - **Alarme**
 - GMG e Rede anormal
 - Alta temperatura de água (função ANSI23)
 - Baixa pressão de óleo lubrificante
 - Sub/Sobrevelocidade (função ANSI 12/14)
 - Bateria Anormal
 - Sobrecarga de corrente e Potência Ativa e Reativa
 - Desequilíbrio de corrente entre as fases configurável (função ANSI61)
 - Ultrapassagem de potência máxima calibrada
 - Carregador de bateria anormal
 - Motor frio (falha no pré-aquecimento)
 - Falhas Partida/Parada
 - Baixo nível de combustível (atorné de chave de nível de combustível) [opcional]
 - **Proteções intrínsecas ao módulo microprocessado USCAMAQ-31C**

FUNÇÃO	DESCRIÇÃO
12	dispositivo de sobrevoltagem
14	dispositivo de subvelocidade
23	dispositivo de controle de temperatura
25	relé de verificação de Sincronismo ou Sincronização
27	relé de subtensão
32	relé direcional de potência
32R	relé potência reversa
40	Relé perda de excitação
45	relé desequilíbrio de corrente
47	relé de sequência de fase de tensão
49	relé térmico
50	relé sobrecorrente instantânea
51	relé sobrecorrente temporizada
SIN-G4	relé falha a terra
59	relé de sobretensão
60	relé temporizador
65	Regulador
66	relé de supervisão do número de partidas
70	relé de perda de sincronismo - vetor shift
70	Relé religamento

Eng.º Paulo Sérgio de Carvalho
Gerente de Produtos Especiais

br.sdmo.com

Matriz SP
(11) 3789-6000

Santa Catarina
(48) 3047-1414

Minas Gerais
(31) 3295-4355

Rio Grande do Sul
(51) 3428-4202

Rio de Janeiro
(21) 3153-8032

Bahia
(71) 3379-5570

Paraná
(41) 3218-3409

Pernambuco
(81) 3467-1718

SDMO 2013

01	relé de sobrefrequência
06	relé auxiliar de bloqueio

• **Notas Gerais**

- Informamos que a definição de potência foi feita pelo cliente, e não faz parte de nosso escopo a análise de tal dimensionamento, visto que não temos conhecimento da potência individual das cargas a serem alimentadas.
- Informamos que nosso escopo de fornecimento segue de acordo com os itens descritos nesta, não contemplando todo e qualquer tipo de instalação ou adequações necessárias no local de instalação do grupo gerador, desconsiderando assim qualquer obra em alvenaria, direcionamento de entrada e saída de Ar, materiais e mão de obra para tal serviço. Caso seja de interesse de V.S.a será apresentado um novo orçamento.
- Informamos que estamos considerando a modalidade de frete FOB, ou seja, o cliente retira o material em nossa fábrica e a responsabilidade sobre o equipamento, frete e descarga fica a cargo do comprador.

OBSERVAÇÕES:

- Nossos equipamentos são fabricados em conformidade com as normas das maiores concessionárias brasileiras. Caso a concessionária ao analisar o projeto solicite modificações no escopo de nosso fornecimento, os respectivos custos serão repassados a V.S.as.
- Não estamos ofertando em nossos serviços o processo de aprovação do sistema perante a concessionária, assim como a documentação de cálculo de curto-circuito e parametrização de relés. Caso V.S.as., desejem poderemos apresentar orçamento para sua análise.
- **Regimes de potências conforme ISO 8528-1:**
 - **Regime Prime (PRP)** – O equipamento é dimensionado para alimentar cargas variáveis* durante o tempo necessário. Sem limite de horas de utilização.
 - **Regime Stand by (ESP)** – O equipamento é dimensionado para alimentar cargas variáveis** em serviços de emergência, enquanto durar a interrupção de energia elétrica. Limite de utilização 200 horas/ano.
 - **Regime Base Load ou Continuous Power (COP)** – O equipamento é dimensionado para alimentar cargas constantes*** durante o tempo necessário. Sem limite de horas de utilização.
 - Definições indicadas nos regimes de potência:
 - Cargas variáveis*: Potência efetiva média permissível durante um período de 24 horas de operação não pode exceder a 70% da potência nominal indicada para o respectivo regime.
 - Cargas constantes**: Potência efetiva média permissível durante um período de 24 horas de operação ultrapassa a 70% da potência nominal indicada para o respectivo regime.
- **Normas aplicáveis:**
 - O projeto e montagem de nossos painéis de comando e força são executados em compartimentos separados em perfeito atendimento as exigências da NR-10.
 - As definições de regimes de potência e condições ambientais estão em conformidade a norma ISO 8528-1.
 - Níveis de ruído com respectivas tolerâncias indicados nesta proposta correspondem a valores médios da pressão sonora por máquina conforme a norma ISO 8528-1.
- **Observações:**
 - Nossos equipamentos são fabricados em conformidade com as normas das maiores concessionárias brasileiras. Caso a concessionária ao analisar o projeto solicite modificações no escopo de nosso fornecimento, os respectivos custos serão repassados a V.S.as.
 - Não estamos ofertando em nossos serviços o processo de aprovação do sistema perante a concessionária, assim como a documentação de cálculo de curto-circuito e parametrização de relés. Caso V.S.as., desejem poderemos apresentar orçamento para sua análise.

Erg. Paulo Sérgio do Espírito Santo
Gerente de Engenharia

br.sdmo.com

7

Metriz SP (11) 3789-6000	Santa Catarina (48) 3047-1414	Minas Gerais (31) 3295-4355	Rio Grande do Sul (51) 3428-4202
Rio de Janeiro (21) 3153-8032	Bahia (71) 3379-5570	Paraná (41) 3218-3409	Pernambuco (81) 3467-1718

BR-003-2017

- **Instalação:**
Não contemplados em nosso escopo de fornecimento: instalação dos GAG's e acessórios/opcionais, mão de obra e materiais para a instalação. Caso seja interesse de V.S.as., poderemos apresentar o orçamento para sua análise.
- **Entrega técnica (Start – up)**
 - Primeiro funcionamento em campo do equipamento. Deverá ser realizado na presença de profissional credenciado Maquigeral para validação da garantia. Na ocasião será realizado um treinamento de operação.
 - Treinamento de operação: Será ministrado curso básico de operação/manutenção por ocasião do Start-up.
- **Garantia:**

Todos os produtos SDMO Maquigeral são garantidos, contra defeitos de fabricação comprovados, pelo prazo de 12(doze) meses contados a partir da entrega técnica (start up).
No caso de aplicação dos grupos geradores em regime stand by o prazo de garantia poderá ser estendido em mais 12(doze) meses totalizando 24 (vinte e quatro) meses contados a partir da entrega técnica, desde que seja respeitado o regime de potência e limite de horas de operação anual especificado nesta proposta em conformidade com norma ISO-8528-1.

Condições necessárias para validação de garantia:

- Aplicação dos grupos geradores em total conformidade com as potências e regimes de operação identificados nesta proposta: Standby/Emergência Prime (Aplicação contínua e horário de ponta) ou Base Load.
- A entrega técnica deverá ser solicitada/executada em até três (3) meses após a data de emissão da Nota Fiscal de embarque.
Caso a solicitação/execução ultrapasse os três (3) meses, o prazo de garantia começará a vigorar a partir da data de emissão da Nota Fiscal de embarque.
- Todos os equipamentos saem de fábrica com indicação de período máximo de armazenagem/inatividade (limite 3 meses da emissão da nota fiscal). Caso seja necessário, armazenagem/inatividade por período superior ao limite indicado, o cliente é responsável em efetuar através da SDMO Maquigeral ou de sua rede credenciada, os serviços de preservação e ativação especiais indicados nos respectivos manuais.
- Caso o start-up não seja realizado pela SDMO Maquigeral ou seus credenciados, a garantia SDMO Maquigeral perderá sua validade.
- Instalação em conformidade com as normas técnicas vigentes e Manual de Instalação SDMO - Maquigeral que é disponibilizado por ocasião do pedido concretizado.
- Operação e Manutenção em conformidade com as recomendações contidas nos respectivos manuais e certificado de garantia SDMO Maquigeral
- Aplicação e conservação de combustível de forma a garantir total conformidade com as especificações e características técnicas indicadas pelo fabricante ou ANP (Agência Nacional de Petróleo).

Demais condições estão descritas no certificado de garantia SDMO Maquigeral.

Para os casos de Start – up e Garantia, os atendimentos serão realizados em dias úteis (segunda a sexta-feira) em horário comercial (8 às 17:30 horas). A necessidade de atendimentos em dias/horários diferentes dos indicados poderão provocar cobranças adicionais.

As despesas de atendimento, como transporte, tempo de locomoção, refeições, estadas, comêrio por conta do cliente, conforme Tabela de Preços de Atendimento.

NOTA: Para equipamentos instalados na Grande São Paulo (região com código DDD 011), as despesas de atendimento para entrega técnica e período de garantia serão realizadas em corteia, de segunda a sexta-feira no horário comercial.

Eng. Paulo Roberto de Carvalho
Gerente de Negócios

br.sdmo.com

Matriz SP (11) 3789-6000	Santa Catarina (48) 3047-3434	Minas Gerais (31) 3295-4355	Rio Grande do Sul (51) 3428-4202
Rio de Janeiro (21) 3153-8032	Bahia (71) 3379-5570	Paraná (41) 3218-3409	Pernambuco (81) 3467-1718

0.000.000

Condições Comerciais:

VALOR TOTAL DO FORNECIMENTO..... R\$ 217.510,00

• **Impostos:**

- ICMS 12% – incluso no preço conforme legislação em vigor, considerando a operação de venda para cliente Contribuinte de ICMS.
- PIS/COFINS – 8,25% - incluso
- IPI – Isento, conforme Decreto nº 6006, de 28 de dezembro de 2006.

Observações

- Caso ocorram alterações de legislação tributária a partir desta data os valores apresentados serão corrigidos para maior ou menor mantendo-se o equilíbrio dos valores sem impostos propostos.
- Alíquota de ICMS inclusa no preço considera a origem de faturamento do estado de São Paulo para as modalidades:
 - Cliente Contribuinte de ICMS – Os preços incluem a alíquota de ICMS de 12% para o Estado de São Paulo e interestadual para os demais estados.
 - Cliente não contribuinte de ICMS – Os preços apresentados atendem a emenda constitucional 87 de 16/04/2015 e estão com alíquota plena de ICMS em conformidade com a legislação do estado destino da mercadoria. O faturamento e recolhimento do ICMS tanto no estado de origem como de destino será de responsabilidade da SDMO - Maquigeral.
- Equipamento posto nossa fábrica em Embu das Artes - SP
- Prazo de entrega dos equipamentos: 60 dias após confirmação do pedido e aprovação do cadastro. Informamos que o prazo de entrega começará a vigorar somente após a finalização do cadastro e liberação do crédito pela SDMO Maquigeral.
- Testes Fábrica: Acompanhamento de inspeção em fábrica, por parte do cliente ou inspetores terceirizados, **NÃO** está incluso. Quando necessário, solicite cotação separadamente.
- Condições de Pagamento: 100% FINAME
As condições de pagamento descritas somente serão válidas após a finalização do cadastro e liberação de crédito pelo SDMO Maquigeral.
- Validade: 10 dias.

Atenciosamente,

 Eng. Paulo Sérgio de Carvalho
 Key Account – Telecomunicações
 Fone: 3789 – 5132 / 9 9274-8039
paulo.carvalho@kohler.com

br.sdmo.com

9

Motric SP (11) 3789-6000	Santa Catarina (48) 3047-1414	Minas Gerais (31) 3295-4355	Rio Grande do Sul (51) 3428-4202
Rio de Janeiro (21) 3153-8032	Bahia (71) 3379-5570	Paraná (41) 3218-3409	Pernambuco (81) 3467-1718

9.001.27.2

Anexo 2 – Estudo Horossazonal.

Cliente:	Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Endereço:	Rua Dep Heitor Alencar Furtado, 4900 - PE 121.11
Contato:	Maurício Massao Morimoto
Concessionária:	Copel
Tarifa:	Verde
Classe de Tensão:	BT

Demanda Contratada HP:	0 kW
Demanda Contratada FHP:	180 kW
Alíquota ICMS:	29,00%
Alíquota PIS:	0,65%
Alíquota COFINS:	3,00%

Análise do Consumo Médio do Cliente (Considerado pelo valor médio de consumo)

Mês/Ano	fev/16	mar/16	abr/16	mai/16	jun/16	jul/16	ago/16	set/16	out/16	nov/16	dez/16	jan/17	Total	Média
Horário de ponta (kWh)	4.110	5.638	9.695	9.118	9.750	10.615	6.181	10.784	12.284	7.893	8.249	3.594	97.911	8.159
Fora do horário de ponta (kWh)	43.055	47.447	62.526	61.676	63.361	64.870	49.447	65.044	77.298	61.023	58.331	36.676	690.754	57.563

Análise da Demanda do Cliente (Considerado pelo valor máximo de demanda)

Mês/Ano	fev/16	mar/16	abr/16	mai/16	jun/16	jul/16	ago/16	set/16	out/16	nov/16	dez/16	jan/17	Média	Máximo
Horário de ponta (kW)	82	150	178	191	202	211	137	200	207	191	176	98	169	211
Fora do horário de ponta (kW)	124	177	188	205	216	213	152	218	213	221	211	131	189	221

Análise do Custo Médio do Cliente com a Concessionária (valor médio de consumo)

	Consumo (kWh)	Custo / kWh	Demanda (kW)	Custo / kW	Custo Líquido	Custo total com Impostos
Horário de Ponta	8.159	R\$ 1,56	0	R\$ 0,00	R\$ 12.688,02	R\$ 16.830,37
Fora do horário de ponta	57.563	R\$ 0,42	221	R\$ 15,83	R\$ 27.608,26	R\$ 36.621,74

Custo médio com Energia Elétrica:

Análise do Consumo Médio do Cliente com a nova tarifa

	Consumo (kWh)	Custo / kWh	Demanda (kW)	Custo / kW	Custo Líquido	Custo total com Impostos
Fora do horário de ponta	57.563	R\$ 0,42	221	R\$ 15,83	R\$ 27.608,26	R\$ 36.621,74

Custo Operacional por Gerador Generac Brasil operando em horário de ponta

Grupo Gerador Generac Brasil:	SWY280
Fabricante e modelo do Motor:	Scania DC09
Demanda em horário de ponta:	180 kW
Tipo de combustível do motor:	Óleo diesel
Consumo de combustível do motor:	51,69 L/h
Custo do combustível com impostos:	R\$ 2,65

Custo médio operacional para cada Gerador Generac Brasil:

R\$ 136,98 /hora

Número de Geradores em Paralelo:	1
----------------------------------	---

Horas de operação em HP:	3 horas
--------------------------	---------

Consumo diário de diesel em HP:	155 L
---------------------------------	-------

Custo médio mensal da Concessionária **R\$ 16.830,37**Custo pago em horário ponta por kWh **R\$ 2,06**Custo operacional da Usina **R\$ 6.399,01**Custo operacional da Usina por kWh **R\$ 0,78**

Gastos com manutenção preventiva a cada 250 horas inclusos no custo operacional da Usina

Economia Mensal com a Usina **R\$ 10.431,36****Investimento com o GMG** **R\$ 217.450,00****Investimentos Adicionais** **R\$ 103.200,00****Investimento Total** **R\$ 320.650,00****Tempo de retorno do investimento** **31 meses**

Grupo Gerador Generac Brasil:	SWY280
Fabricante e modelo do motor:	Scania DC09
Fabricante e modelo do alternador:	WEG AG10-250M
Tipo de Combustível:	Óleo diesel

Consumo de Combustível

Prime Power	Potência (kW)	Potência (BHP)	Consumo
50%	130	174,26	38,00 L/h
75%	195	261,39	55,80 L/h
100%	260	348,53	75,90 L/h
Solicitada	180	241,29	51,69 L/h

Função para estimar o consumo solicitado

y	a	x	b
38,00	174,26	x	b
55,80	261,39	x	b
75,90	348,53	x	b
51,69	241,29	0,20429	2,40

y	a	x	b	
38,00	174,26	x	b	equação 1
55,80	261,39	x	b	equação 2
75,90	348,53	x	b	equação 3
17,80	87,13	x	0	diferença 2-1
20,10	87,13	x	0	diferença 3-2

$$x_d = y_d / a_d \quad b_d = y_d - a_d * x$$

$x_{2-1} =$	0,20429	$b_{2-1} =$	2,40
$x_{3-2} =$	0,23069	$b_{3-2} =$	-4,50

