

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
CÂMPUS CURITIBA
CURSO DE ENGENHARIA ELÉTRICA

EVERALDO MARIANO DE QUADROS
PEDRO TAVARES SILVA PARREIRA DE AZEVEDO

**DIMENSIONAMENTO E ANÁLISE DE VIABILIDADE PARA
INSTALAÇÃO DE GERADOR SÍNCRONO COM OBJETIVO DE
SUPRIR DEMANDA EM HORÁRIO DE PICO EM UM AMBIENTE
CORPORATIVO – ESTUDO DE CASO**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

CURITIBA

2020

EVERALDO MARIANO DE QUADROS
PEDRO TAVARES SILVA PARREIRA DE AZEVEDO

**DIMENSIONAMENTO E ANÁLISE DE VIABILIDADE PARA
INSTALAÇÃO DE GERADOR SÍNCRONO COM OBJETIVO DE
SUPRIR DEMANDA EM HORÁRIO DE PICO EM UM AMBIENTE
CORPORATIVO – ESTUDO DE CASO**

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação, apresentado à disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso 2, do curso de Engenharia Elétrica 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. Me. Marcelo Barcik

CURITIBA
2020

**Everaldo Mariano de Quadros
Pedro Tavares Silva Parreira de Azevedo**

Dimensionamento e análise de viabilidade para instalação de gerador síncrono com objetivo de suprir demanda em horário de pico em um ambiente corporativo – estudo de caso.

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 Elétrica do Departamento Acadêmico de Eletrotécnica (DAELT) da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

Curitiba, 29 de outubro de 2020.

Prof. Antonio Carlos Pinho, Dr.
Coordenador de Curso
Engenharia Industrial Elétrica/Automação

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

ORIENTAÇÃO

Prof. Marcelo Barcik, Me.
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Orientador

BANCA EXAMINADORA

Prof. Clider Adriane de Souza Silva, Me.
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof. Luiz Erley Schafranski, Dr.
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof. Marcelo Barcik, Me.
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof. Paulo Cicero Fritzen, Dr.
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

A folha de aprovação assinada encontra-se na Coordenação do Curso de Engenharia Elétrica.

RESUMO

QUADROS, Everaldo M. de; AZEVEDO, Pedro T. S. P. de. DIMENSIONAMENTO E ANÁLISE DE VIABILIDADE PARA INSTALAÇÃO DE GERADOR SÍNCRONO COM OBJETIVO DE SUPRIR DEMANDA EM HORÁRIO DE PICO EM UM AMBIENTE CORPORATIVO – ESTUDO DE CASO. 94 f. Trabalho de Conclusão de Curso – CURSO DE ENGENHARIA ELÉTRICA, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2020.

Este trabalho apresenta um estudo de caso sobre o dimensionamento e análise de viabilidade para instalação de gerador síncrono com objetivo de suprir demanda em horário de pico em um ambiente corporativo, a fim de reduzir os custos com a fatura de energia elétrica, possibilitar a utilização do grupo gerador em horário de ponta e situações de falta no fornecimento de energia da concessionária. O estudo de caso visa cooperar com a sociedade que anseia por alternativas econômicas mais vantajosas no consumo de energia elétrica. Outrossim, a análise contempla a viabilidade técnica e econômica referentes ao uso do gerador movido a óleo diesel considerando a oferta do combustível no Brasil, custo por litro e as soluções para diminuir o impacto ambiental oriundo da queima desse combustível. Os custos de instalação e operação do sistema de geração própria a diesel totalizam R\$ 705.250,00 e R\$ 153.489,88 respectivamente. A viabilidade de instalação foi considerada positiva através da utilização dos indicadores VPL, TIR, ROI e Payback. Como sugestão para trabalhos futuros, foi proposto um estudo aprofundado sobre as possíveis perturbações harmônicas que possam surgir na rede elétrica, com a instalação de grupos geradores a diesel.

Palavras-chave: Horário de ponta. Tarifação de energia elétrica. Gerador a diesel

ABSTRACT

QUADROS, Everaldo M. de; AZEVEDO, Pedro T. S. P. de. FEASIBILITY SIZING AND ANALYSIS FOR SYNCHRONOUS GENERATOR INSTALLATION WITH THE PURPOSE OF MEETING DEMAND AT PEAK TIME IN A CORPORATE ENVIRONMENT - CASE STUDY. 94 f. Trabalho de Conclusão de Curso – CURSO DE ENGENHARIA ELÉTRICA, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2020.

This work presents a case study on the dimensioning and feasibility analysis for installing a synchronous generator in order to supply demand during peak hours in a corporate environment, in order to reduce costs with the electricity bill, to enable the use of generator set during peak hours and power outages in the concessionaire. The case study aims to cooperate with society that yearns for more advantageous economic alternatives in the consumption of electricity. Furthermore, the analysis contemplates the technical and economic feasibility regarding the use of the diesel powered generator considering the fuel supply in Brazil, cost per liter and the solutions to reduce the environmental impact resulting from the burning of this fuel. The costs of installing and operating the diesel-powered generation system total R 705,250.00 and R 153,489.88 respectively. The installation feasibility was considered positive through the use of the NPV, IRR, ROI and Payback indicators. As a suggestion for future work, an in-depth study was proposed on the possible harmonic disturbances that may arise in the electrical network, with the installation of diesel generator sets.

Keywords: Peak hours. Electricity charging. Diesel generator

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1	– Matriz energética brasileira por origem de combustível	13
FIGURA 2	– Grupo Motor Gerador - GMG	20
FIGURA 3	– Motor a Diesel - MD	21
FIGURA 4	– Vista explodida de um gerador síncrono	23
FIGURA 5	– Gerador Síncrono em corte transversal	24
FIGURA 6	– Rotor e Estator em uma máquina síncrona	25
FIGURA 7	– Especificações para um Alternador Síncrono	25
FIGURA 8	– Curva de Magnetização ou característica a vazio	26
FIGURA 9	– Circuito equivalente de um gerador síncrono	27
FIGURA 10	– Identificação dos caminhos do fluxo em eixo direto e em quadratura	27
FIGURA 11	– Diagrama fasorial de um gerador síncrono rotor polos salientes	28
FIGURA 12	– Característica do ângulo de carga para um GS rotor polos salientes	30
FIGURA 13	– Sistema de Excitação de um Gerador Síncrono	31
FIGURA 14	– Esquema de excitação <i>brushless</i>	31
FIGURA 15	– Gerador com bobina auxiliar para o sistema de excitação	32
FIGURA 16	– Fluxograma do modelo de Tarifa do Grupo A	36
FIGURA 17	– GLD - Possibilidades de modelagem da curva	38
FIGURA 18	– Histórico de Demanda do Centro Corporativo	39
FIGURA 19	– Histórico de Consumo em horário fora de ponta do centro corporativo ...	39
FIGURA 20	– Histórico de consumo em em horário de ponta do centro corporativo	40
FIGURA 21	– Memória de massa para a Demanda	41
FIGURA 22	– Curva do fator de carga no período de Maio/ 2019 a abril/ 2020	41
FIGURA 23	– Tarifas de energia elétrica - COPEL	43
FIGURA 24	– Variações nas taxas de PIS e COFINS	44
FIGURA 25	– Gerador acoplado a um barramento infinito	47
FIGURA 26	– Método de instalação de gerador em paralelo com a rede	49
FIGURA 27	– Modelo de módulo de controle	50
FIGURA 28	– Modelo de grupo gerador a diesel fabricado pela Cummins	52
FIGURA 29	– Nível de ruído em dB(A) conforme ABNT NBR IEC 60034-9, 2011	55
FIGURA 30	– Modelo de gerador aberto e gerador fechado	56
FIGURA 31	– Modelo de tanque com bacia de contenção	58
FIGURA 32	– Proposta para instalação de 2 grupos geradores modelo C400D6	61
FIGURA 33	– Meta para a taxa Selic [% a.a]	64
FIGURA 34	– Valor pago pelo consumo entre maio/ 2019 a abril/ 2020	66
FIGURA 35	– <i>Payback</i> simples e <i>Payback</i> descontado	68

LISTA DE TABELAS

TABELA 1	– Bandeiras Tarifárias	34
TABELA 2	– Valores constados nas faturas de energia elétrica para o consumo, demanda máxima e fator de carga correspondente.	42
TABELA 3	– Capacidade nominal máxima que o tanque de consumo pode ter, em função da potência do GMG	57
TABELA 4	– Custos de instalação do tanque de armazenamento	62
TABELA 5	– Resumo dos custos de instalação e operação do sistema de geração própria	63
TABELA 6	– TMA para o caso I	65
TABELA 7	– TMA para o caso II	65
TABELA 8	– Fluxo de caixa	67
TABELA 9	– Resultado da Análise financeira	68

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1	–	Subgrupos de UCs com tensão menor que 2,3 kV - GRUPO B	34
QUADRO 2	–	Subgrupos de UCs com tensão maior ou igual a 2,3 kV - GRUPO A	..	35
QUADRO 3	–	Alguns tributos presentes na TE	37
QUADRO 4	–	Tipos e classificação para equipamentos de geração local	51
QUADRO 5	–	Termos utilizados para tarifação de energia elétrica	78

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

a.a	ao ano
ANP	Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis
AVR	Automatic Voltage Regulator
BT	Bandeiras Tarifárias
CA	Corrente Alternada
CI	Custo de Instalação
CMFP	Consumo Medido Fora de Ponta
CMPT	Consumo Medido na Ponta
CO	Custo Operacional
COMPAGÁS	Companhia Paranaense de Gás
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
COPEL	Companhia Paranaense de Energia
DC	Demanda Contratada
DM	Demanda Medida
Dmax	Demanda máxima em um período
DmedPT	Demanda média no horário de ponta
EPA	<i>Environmental Protection Agency</i>
ERAC	Esquema Regional de Alívio de Carga
FaturCons	Faturamento para o consumo
FC	Fluxo de Caixa
Fcm	Fator de carga por mês
FCN	Fluxo de Caixa Nominal
FD	Faturamento para a Demanda
FDU	Faturamento para Demanda de Ultrapassagem
FEM	Força Eletromotriz
F_{op}	Fator de operação para os GMGs
FP	Fora de Ponta
GD	Geração Distribuída
GLD	Gerenciamento pelo Lado da Demanda
GMG	Grupo Motor Gerador
GN	Gás Natural
GNV	Gás Natural Veicular
GS	Gerador Síncrono
$g/bgp-hr$	<i>Grams per Brake Horsepower-Hour</i>
h	hora
IBAMA	Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis
IPCA	Índice de Preços para o Consumidor Amplo
IRR	<i>Internal Rate of Return</i>
kWh	kilowatt-hora
MD	Motor a Diesel
MWh	Megawatt-hora
NPV	<i>Net Present Value</i>
NR	Norma Regulamentadora

OD	Óleo Diesel
ONS	Operador Nacional do Sistema Elétrico
PCV	Potência contínua com carga variável
PIB	Produto Interno Bruto
PnG	Potência nominal do gerador
POTL	Potência de operação por tempo limitado
PROCONVE	Programa de Controle da Poluição do Ar por Veículos Automotores
PRODIST	Procedimentos de Distribuição elaborados pela ANEEL
PRORET	Procedimentos de Regulação Tarifária elaborados pela ANEEL
PSS	<i>Power System Stabilizer</i>
PT	Ponta
ROI	<i>Return On Investment</i>
SE	Sistema Elétrico
Selic	Sistema Especial de Liquidação e de Custódia
SIN	Sistema Interligado Nacional
TCFP	Tarifa de Consumo Fora de Ponta
TCPT	Tarifa de Consumo na Ponta
TD	Tarifa de Demanda
TE	Tarifas de Energia elétrica
TIR	Taxa Interna de Retorno
TMA	Taxa Mínima de Atratividade
TU	Tarifa de Ultrapassagem
UC	Unidade Consumidora
UHE	Usinas Hidrelétricas
VPL	Valor Presente Líquido

LISTA DE SÍMBOLOS

N_s	Velocidade síncrona [rpm]
p	Número de polos
ε	Força eletromotriz induzida em [V]
$\Delta\phi$	variação do fluxo magnético em [Wb]
Δt	intervalo de tempo em [s]
Φ	Fluxo do campo magnético em [wb], fluxo por polo em linhas ou maxwells
N_f	Número total de espiras por fase
f	Frequência em [Hz]
k_p	Fator de passo
k_d	Fator de distribuição
K	Constante que representa os aspectos construtivos do gerador
ω	Velocidade mecânica em [rad/s]
E_A	Tensão interna gerada por cada fase do GS em [V]
V_Φ	Tensão Terminal ou tensão de linha em [V]
I_A	Corrente de armadura em [A]
X_d	Reatância de eixo direto [Ω]
I_d	Corrente de eixo direto [A]
X_q	Reatância de eixo em quadratura [Ω]
I_q	Corrente de eixo em quadratura [A]

SUMÁRIO

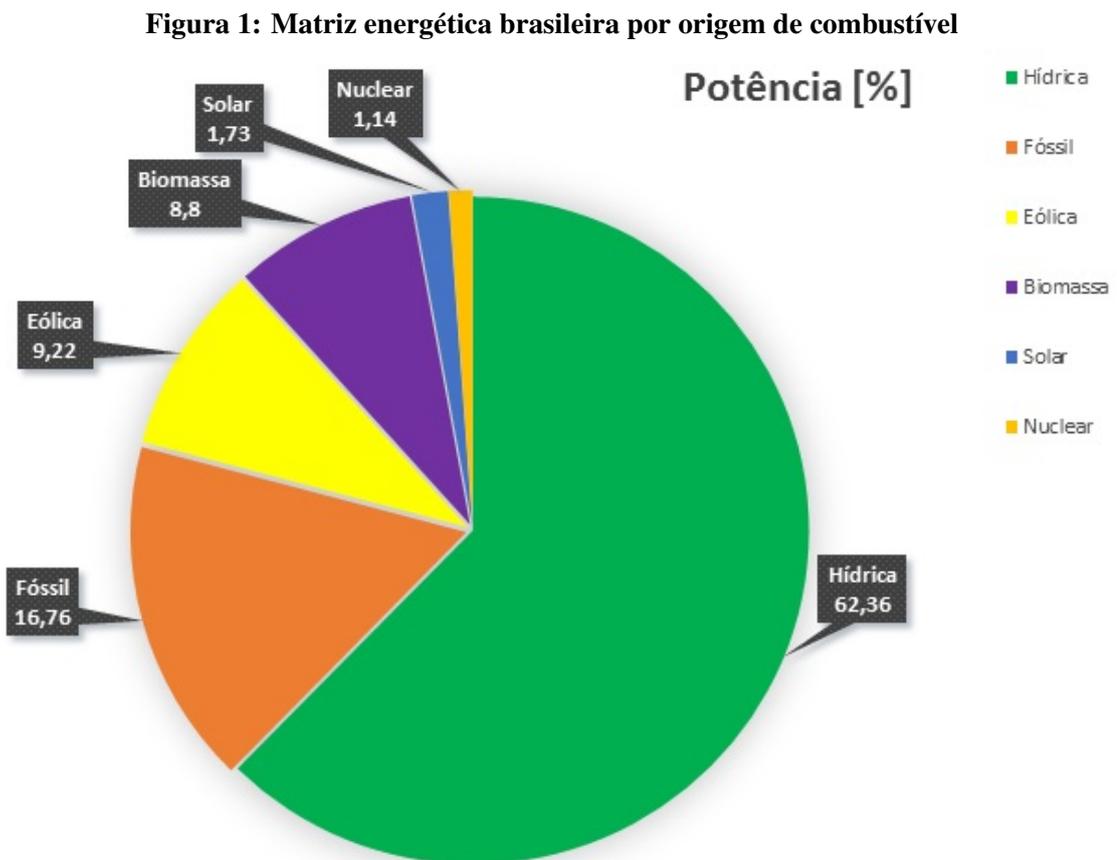
1 INTRODUÇÃO	13
1.1 TEMA	14
1.1.1 Delimitação do Tema	15
1.2 PROBLEMAS E PREMISSAS	15
1.3 OBJETIVOS	16
1.3.1 Objetivo Geral	16
1.3.2 Objetivos Específicos	16
1.4 JUSTIFICATIVA	16
1.5 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	17
1.6 ESTRUTURA DO TRABALHO	17
2 GRUPOS GERADORES A DIESEL E SISTEMA DE TARIFICAÇÃO	19
2.1 GRUPO MOTOR GERADOR - GMG	19
2.2 MOTORES A DIESEL	20
2.3 GERADOR SÍNCRONO	22
2.3.1 Aspectos Construtivos	24
2.3.2 Tensão interna gerada por fase em um gerador síncrono	26
2.3.3 Circuito equivalente e diagrama fasorial de um gerador síncrono	26
2.3.4 Ângulo de Potência para um gerador síncrono rotor polos salientes	29
2.3.5 Sistema de excitação	30
2.3.6 Regulação de Tensão de um Gerador Síncrono	32
2.4 SISTEMA DE TARIFICAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA NO BRASIL	33
2.4.1 Grupamentos de Unidades Consumidoras e Modalidades de Tarifas	34
2.4.2 Sistema tarifário do centro corporativo	37
2.5 PERFIL DE CONSUMO E DEMANDA	38
3 DIMENSIONAMENTO DO GMG E ANÁLISE FINANCEIRA	45
3.1 INSTALAÇÃO	45
3.1.1 Paralelismo e sincronismo com a rede	46
3.1.2 Arranjo de instalação	48
3.1.3 Sistema de controle automático e proteção	49
3.2 POTÊNCIA DO GERADOR	50
3.3 CONDIÇÕES DO LOCAL DE INSTALAÇÃO	52
3.4 ESPECIFICAÇÕES SOBRE O COMBUSTÍVEL	56
3.4.1 Tanque para suprimento de óleo diesel	57
3.4.2 Emissões de gases poluentes	59
3.5 ANÁLISE DE CUSTOS	60
3.5.1 Custos de instalação	60
3.5.2 Custos operacionais	62
3.6 VIABILIDADE FINANCEIRA	63
4 CONCLUSÕES	69
REFERÊNCIAS	71
Apêndice A - TERMOS UTILIZADOS PARA TARIFICAÇÃO DE ENERGIA	

ELÉTRICA	77
Anexo A - ESPECIFICAÇÕES ADICIONAIS SOBRE O GRUPO GERADOR A	
 DIESEL CUMMINS MODELO C400D6	79
Anexo B - ORÇAMENTO PARA AQUISIÇÃO DE 2 GRUPOS GERADORES	
 C400D6	82
Anexo C - ORÇAMENTO PARA AQUISIÇÃO DO TANQUE DE	
 ARMAZENAMENTO E BACIA DE CONTENÇÃO	90

1 INTRODUÇÃO

A energia elétrica tem sido essencial para o desenvolvimento das grandes nações. Um dos principais geradores e consumidores de energia elétrica é a máquina de indução que, quando está consumindo ou absorvendo energia funciona como motor e quando está fornecendo ou gerando energia, funciona como gerador.

No Brasil, segundo o Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS), a geração de energia elétrica é concentrada praticamente em usinas hidrelétricas (UHE) e usinas termelétricas de origem fóssil, conforme a Figura 1.



Fonte: Adaptado de (ANEEL, 2020)

A construção de novas usinas hidrelétricas de grande porte no Brasil se tornou inviável exceto a geração distante dos grandes centros urbanos de consumo, como a possibilidade de

exploração do potencial hidroenergético da Região Amazônica onde se concentram 52% do potencial do país. No entanto, os desafios a serem enfrentados são relevantes. A construção de novos reservatórios na Amazônia demanda planejamento estratégico na apropriação de recursos hídricos, conciliação da expansão hidroenergética com a conservação dos processos ecológicos, hidrossociais e hidroeconômicos (Tundisi, 2007).

Entretanto, os avanços tecnológicos e transformações constantes, requerem medidas que possibilitem o aumento de eficiência energética. Um desafio importante tem sido atender a demanda nos horários de maior consumo de energia. Para isso, medidas de incentivo a mudanças nos hábitos dos consumidores são fomentadas, a fim de reduzir os picos de demanda e consumo e evitar o colapso no sistema elétrico.

O alto consumo de energia nos horários de ponta sobrecarrega o sistema, por consequência, as concessionárias precisam comprar energia elétrica de outras fontes para garantir o funcionamento, fazendo com que se tenha tarifas diferenciadas e o consumidor pague mais.

O aumento da utilização de tecnologias dependentes de energia elétrica, reflexo do avanço tecnológico das últimas décadas, demandam constantes adequações e melhorias, com intuito de minimizar interrupções e garantir maior confiabilidade no funcionamento do sistema elétrico (SE).

A necessidade de encontrar alternativas para evitar o colapso do SE vai além da conscientização para o uso racional de energia, tendo em vista que, à medida que o produto interno bruto (PIB) do país aumenta, a sociedade como um todo passa a consumir mais energia, somando-se aos períodos de seca que afetam os reservatórios d'água nas usinas hidrelétricas. As projeções do consumo de eletricidade, da carga de energia e de demanda (EPE, 2017), firmam a importância a ser dada para investimentos na geração distribuída (GD) nos próximos anos, visando reduzir ao máximo o comprometimento do funcionamento do sistema elétrico no Brasil.

1.1 TEMA

Esse trabalho tem como intuito o dimensionamento e análise de viabilidade para instalação de gerador síncrono com objetivo de suprir demanda no horário de pico em um ambiente corporativo.

Atualmente, a energia elétrica ainda tem um custo elevado, principalmente nos horários de ponta (popularmente chamado horário de pico), quem aprova o horário desta demanda é a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL, 2019).

O horário de ponta é composto por 3 (três) horas consecutivas diárias, salvo finais de

semana e feriados. O horário aprovado para as áreas administradas pela Companhia Paranaense de Energia (COPEL) atualmente se inicia as 18 horas e finaliza as 21 horas.

1.1.1 Delimitação do Tema

Esse estudo de caso propõe a implantação de um grupo motor gerador (GMG) síncrono para suprir a demanda de energia elétrica em horário de pico para um ambiente corporativo na região de Curitiba-PR.

Para esse trabalho, serão utilizados dados com base em projetos elétricos, faturas de energia, entre outros dados que possam ser disponibilizados pelo ambiente corporativo.

Com relação ao combustível escolhido para o GMG, a preferência pelo óleo diesel (OD) se dá, levando em conta o custo-benefício, eficiência e facilidade de obtenção em postos e distribuidoras de combustíveis diversos. Devido a isso, não serão abordados outros tipos de combustíveis, priorizando o OD.

Inicialmente estudou-se a implantação de geradores a gás natural (GN), porém a Companhia Paranaense de Gás (COMPAGAS) informou que não há disponibilidade de tubulações para fornecimento de gás no local de implantação.

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. Este estudo ainda deve levar em conta a flutuação nos valores do combustível, principalmente após a greve dos caminhoneiros (greve ocorrida em 2018), também não se pode esquecer de considerar as variações nas tarifas energéticas, principalmente após 2015, quando foram implantadas as bandeiras de tarifações.

Nos últimos anos houve a necessidade de adoção de medidas para superar a crise energética no Brasil. A base da matriz energética, a energia hidrelétrica, (em torno de 62% conforme dados disponibilizados pela ANEEL, 2019), está atrelada a regularidade do nível das chuvas. A consequência em épocas de pouca chuva é imediata, ou seja, para atender a demanda, o acionamento de usinas térmicas é inevitável, o que impacta diretamente nas tarifas de energia elétrica.

Outra questão preocupante é o aumento do consumo de energia elétrica (AGÊNCIA BRASIL, 2019), com o advento das novas tecnologias ofertadas na indústria e nas residências de modo geral. Para evitar sobrecarga no SE as concessionárias cobram multas por consumo acima da demanda contratada, bem como tarifas especiais no horário de ponta. Essas tarifas são elevadas, o que motiva as empresas a buscar alternativas para redução de custos, bem como

contribuição com a sociedade, cooperando para que não haja sobrecarga no sistema elétrico. As contas de energia elétrica são tarifadas seguindo o sistema de bandeiras tarifárias (ANEEL, 2019).

Com objetivo de inibir a interrupção no funcionamento de energia e alívio no sistema, a geração distribuída passou a ser uma alternativa eficaz (INEE, 2019). A implantação de grupos geradores a óleo diesel em unidades consumidoras é uma alternativa para a substituição parcial ou total a fonte de energia no horário de pico.

Outra questão a ser abordada refere-se ao custo ambiental atrelado ao alto consumo de OD, que está diretamente ligado à economia financeira quando o centro corporativo está desconectado da rede e ligado GMG.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo Geral

Esse trabalho visa a análise de viabilidade para a instalação de um GMG síncrono para suprir a demanda de energia elétrica em horário de pico para um ambiente corporativo na região de Curitiba-PR.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Analisar faturas de energia, fiação elétrica e demanda contratada;
- Compreender o funcionamento de um GMG.
- Adquirir informações referentes a local de instalação;
- Verificar se o projeto é viável economicamente;
- Comparar resultados;
- Análise de sustentabilidade no que tange a utilização do óleo diesel.
- Definir a metodologia visando a viabilidade técnica e econômica de implementação do GMG.

1.4 JUSTIFICATIVA

No Brasil, a maior parte da energia gerada é oriunda das UHE's, o que deixa o país exposto ao risco hidrológico. Nos anos de 2014 e 2015 o sistema elétrico enfrentou grande dificuldade devido ao período de escassez das chuvas, onde as usinas térmicas tiveram

papel fundamental para o funcionamento do sistema, que operou no limite. Então, houve a necessidade de implantar políticas de conscientização do uso racional de energia elétrica, bem como fomentar a geração distribuída.

Objetivando contribuir para o bom funcionamento do sistema elétrico e redução de custo nas faturas de energia elétrica, este estudo de caso visa cooperar, oferecendo benefícios para ambas as partes sistema elétrico e consumidor, com a geração de energia própria em horários de ponta.

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 na fatura de energia (UDAETA et al., 2003).

A opção pela geração de energia através do óleo diesel se dá em virtude da maior disponibilidade e acesso ao combustível OD, possibilitando o funcionamento pleno do gerador e também, considerando o maior rendimento e menor custo em relação aos demais combustíveis.

1.5 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Esse trabalho compõe, de modo geral, 3 etapas: A primeira consistirá em abordar a viabilidade de instalação de um GMG à OD, realizando levantamento técnico de carga instalada, bem como adequações que deverão ser feitas no local de instalação, em conformidade com as normas vigentes.

A segunda englobará toda a análise econômica, como custo de instalação, realização de orçamentos junto a fornecedores de GMG e custo de manutenção. A terceira etapa consistirá de questões que envolvem a eficácia do combustível OD, bem como estimativas de retorno do capital investido, que serão obtidas no decorrer do estudo a ser realizado.

1.6 ESTRUTURA DO TRABALHO

Esse trabalho será desenvolvido ao longo de 5 capítulos, sendo eles:

Capítulo 1 – Introdução; O primeiro capítulo contém a delimitação do tema, problemas e premissas, objetivos geral, objetivos específicos, justificativa e procedimentos metodológicos.

Capítulo 2 – Grupos geradores a diesel e sistema de tarifação; Reunião de dados técnicos e pesquisas bibliográficas para melhor compreensão do funcionamento do GMG, incluindo o estudo do sistema tarifário de energia elétrica brasileiro.

Capítulo 3 – Dimensionamento do GMG; Determinação da potência necessária para o gerador a ser instalado, bem como a junção de dados orçamentários e análise para comprovação

da viabilidade econômica de instalação do gerador.

Capítulo 4 – Conclusões. Comentários sobre questões sobre o combustível a ser utilizado, bem como, informações sobre retorno do investimento a ser realizado, entre outras questões a serem analisadas no decorrer do estudo.

2 GRUPOS GERADORES A DIESEL E SISTEMA DE TARIFAÇÃO

O funcionamento do sistema elétrico depende de alguns aspectos fundamentais, como a regularidade das chuvas nos reservatórios das usinas hidrelétricas principalmente, além de outros fatores que podem causar anomalias gerando sobrecarga e interrupções parciais em determinadas regiões. Exemplo disso é quando atua o Esquema Regional de Alívio de Cargas (ERAC) no SE desligando a energia elétrica em algumas regiões.

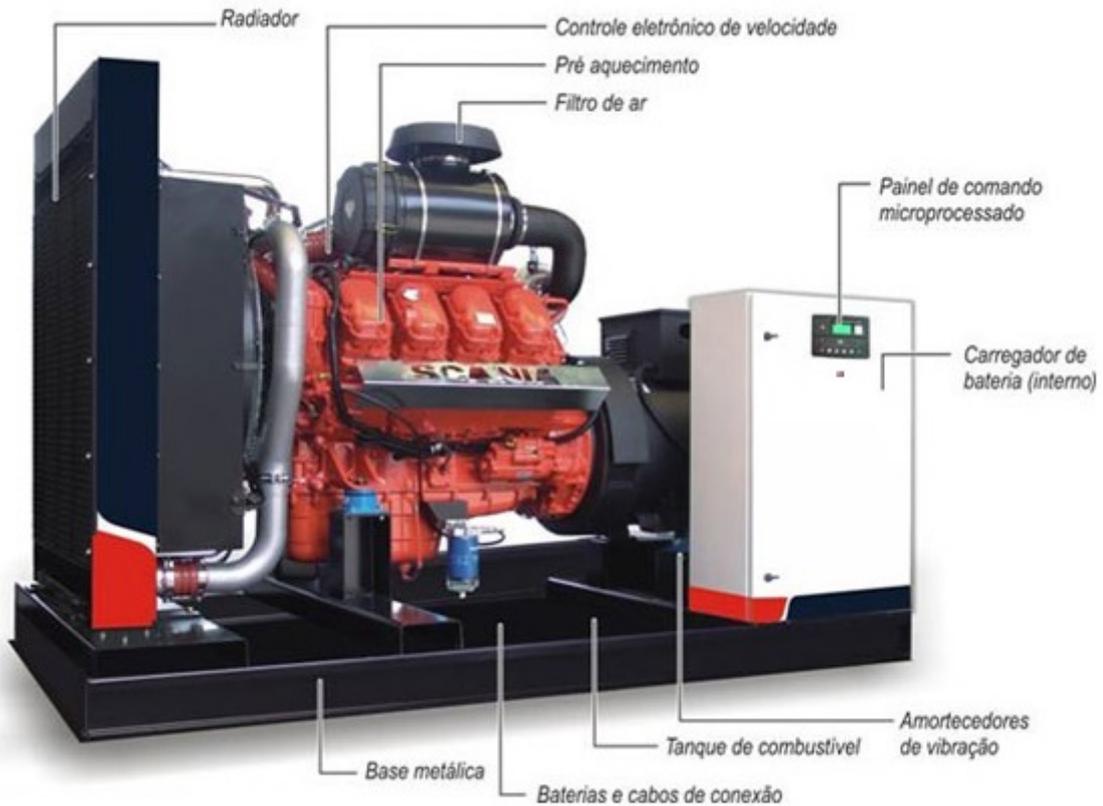
O ERAC é um sistema de proteção que, por meio do desligamento automático e escalonado de blocos de carga, utilizando relés de frequência, minimiza os efeitos de sub-frequência decorrentes de perda de grandes blocos de geração (ANEEL, 2019).

Para contornar os eventuais problemas no fornecimento de energia elétrica pelas concessionária e redução de custos nas faturas, uma solução viável que as indústrias e setores do comércio buscam adotar é a instalação de grupo motor gerador. Esse capítulo abordará conceitos gerais sobre o GMG, bem como as particularidades referentes ao sistema de tarifação de energia elétrica.

2.1 GRUPO MOTOR GERADOR - GMG

Um grupo gerador consiste em um ou mais motores de combustão interna para produzir energia mecânica e um ou mais alternadores para converter energia mecânica em energia elétrica. As características de um GMG (figura 2) variam de acordo com as necessidades de cada aplicação, incluindo variáveis específicas do local para implantação da máquina.

Figura 2: Grupo Motor Gerador - GMG

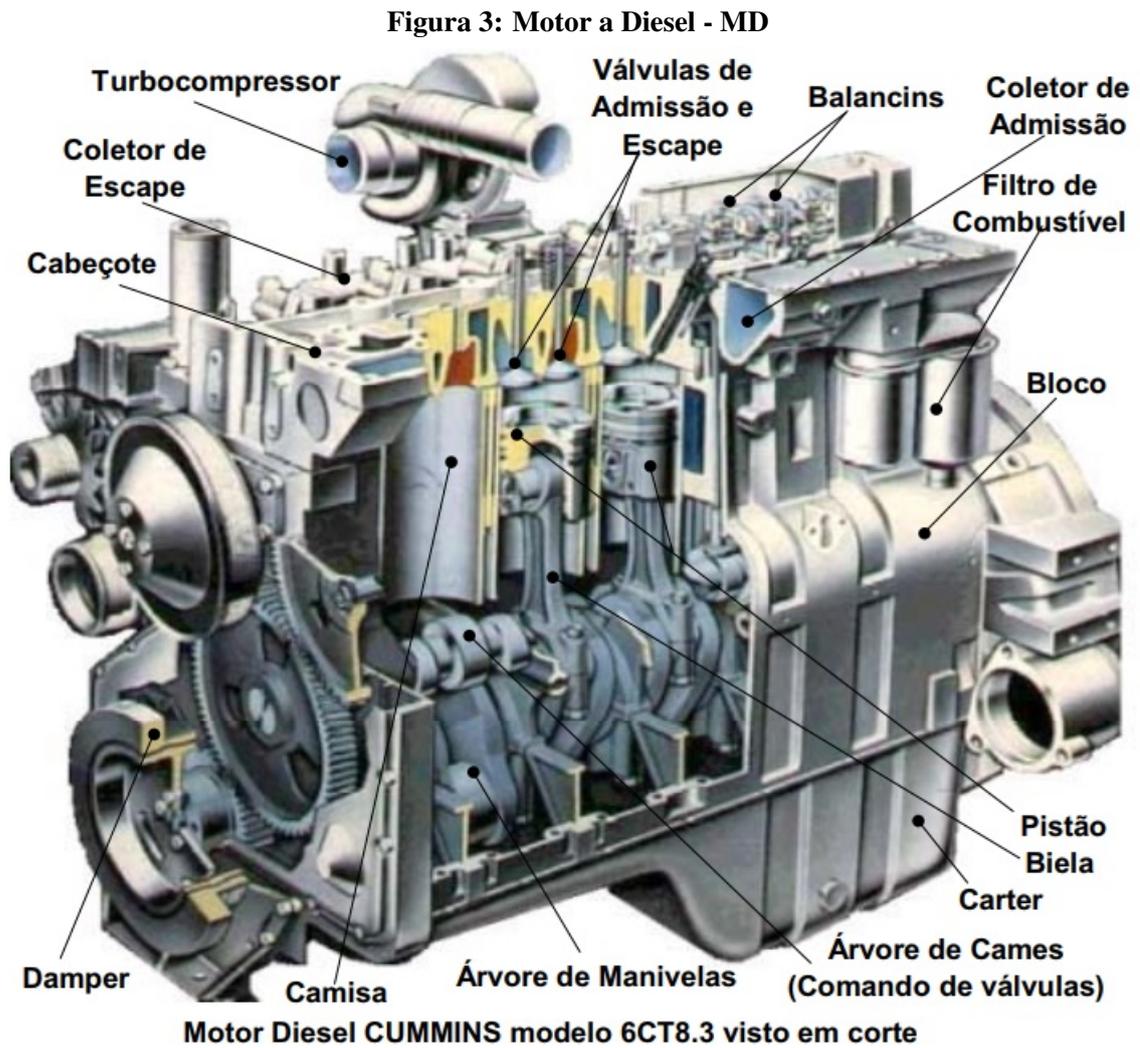


Fonte: Adaptado de (STEMAC, 2011)

Para o motor a combustão, considerando a aplicação para este estudo de caso, duas alternativas referentes ao combustível são ofertadas pelas empresas fabricantes de geradores: o gás natural veicular (GNV) e o óleo diesel (OD). O impacto que a queima do GNV causa ao ambiente é menor comparando-se ao óleo diesel. Entretanto, o gás natural possui menor oferta, pois não é abundante na matriz energética e a opção por GNV pode gerar maior custo ao cliente devido a maior dificuldade de acesso ao combustível, entre outras questões relacionadas a estrutura, justificando-se o uso do óleo diesel.

2.2 MOTORES A DIESEL

Os motores a diesel são máquinas térmicas alternativas de combustão interna, com finalidade de suprimento de energia mecânica ou força motriz de acionamento. A conversão se dá basicamente pela movimentação dos pistões no interior do motor, havendo então a transmissão de energia mecânica ao eixo do motor (PEREIRA, 2009). A figura 3 um dos modelos de MD. Esse tipo de motor leva o nome de seu inventor, o engenheiro francês Rudolf Diesel.



Fonte: PEREIRA, 2009

O funcionamento do MD se dá conforme as leis da termodinâmica e no que tange aos diversos tipos de motores, as diferenças se dão pelo sistema que possuem. Entre estes sistemas, pode-se citar:

- Sistema de admissão de ar;
- Sistema de combustível;
- Sistema de lubrificação;
- Sistema de arrefecimento;
- Sistema de exaustão;
- Sistema de partida.

A classificação quanto as aplicações dos motores a diesel podem ser divididas em 4 tipos básicos de acionamento: Estacionários (acionamento de máquinas que exigem rotação constante), veicular, industrial e marítimos. Também, a norma ABNT NBR ISO 8528-1 menciona que os motores podem ser de dois tipos: motores de ignição por compressão e motores de ignição por centelha.

2.3 GERADOR SÍNCRONO

A geração de energia elétrica em corrente alternada (CA) é a forma mais importante atualmente devido a facilidade em abaixar ou elevar tensões por meio de transformadores.

Conforme (CHAPMAN, 2013), as máquinas CA são geradores que fazem a conversão de energia mecânica em energia elétrica CA e também, motores que realizam a conversão de energia elétrica CA em energia mecânica. A construção das máquinas CA são complexas, apesar do princípio de funcionamento ser simples e são divididas em duas classes principais:

- Máquinas síncronas: são motores e geradores cuja corrente de campo magnético é fornecida por uma fonte de potência CC separada;
- Máquinas de indução: são motores e geradores cuja corrente de campo provém de indução magnética em seus enrolamentos de campo.

Os geradores síncronos ou alternadores são máquinas síncronas utilizadas para converter potência mecânica em potência elétrica CA (CHAPMAN, 2013). Conforme (KOSOW, 1982) os geradores síncronos recebem esse nome devido a operação à frequência e velocidade constantes em regime permanente. Considerando que a frequência e número de polos da máquina é constante, o gerador síncrono possui velocidade constante. Pode-se encontrar o número de polos e frequência manipulando a equação (1).

$$N_s = \frac{120 \cdot f}{p} \quad (1)$$

O funcionamento do (GS) é fundamentado na lei de indução eletromagnética de Faraday que pode ser descrita como: o valor da tensão induzida em uma simples espira de fio é proporcional à razão de variação das linhas de força que passam através daquela espira ou se concatenam com ela (KOSOW, 1982). A lei de Faraday é representada por (2).

$$\varepsilon = -\frac{\Delta\phi}{\Delta t} \quad (2)$$

O sinal negativo da equação indica que o sentido da FEM induzida é oposta a variação do fluxo magnético.

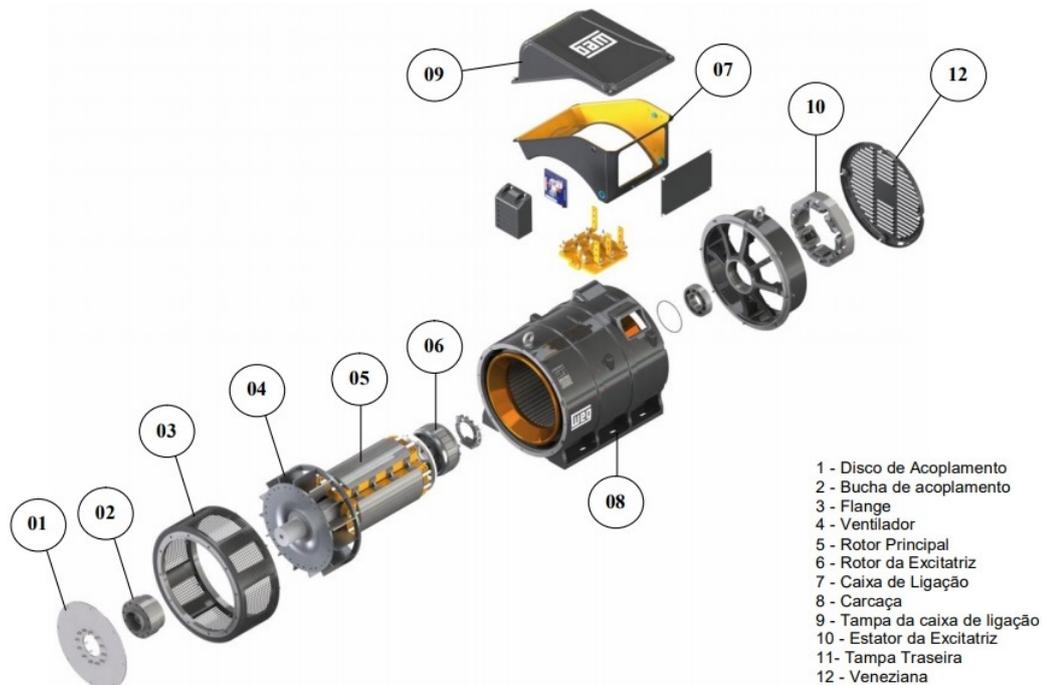
A geração de energia é resultado da aplicação de torque mecânico em seu eixo,

onde têm-se o enrolamento de campo (rotor). O torque mecânico provém de uma fonte de energia mecânica que pode ser de um motor a combustão ou de uma turbina a vapor, hidráulica por exemplo. O rotor, ao girar, induz tensão no enrolamento de armadura (estator), que é disponibilizada nos terminais de saída do gerador. Essa tensão é baixa e precisa ser aumentada com a aplicação de corrente contínua (corrente de excitação), gerada pelo excitador ou excitatriz, no enrolamento de campo para que se tenha tensão ideal na saída e então alimentasse uma carga. Existem aplicações onde ímãs permanentes são utilizados, em substituição do enrolamento de campo, cuja função é a obtenção de campo magnético intenso. A relação velocidade e frequência da tensão induzida faz com que a máquina síncrona possa operar como gerador ou como motor.

Em síntese, as máquinas síncronas com tecnologias atuais possuem armadura estacionária (estator) e campos de excitação girantes (rotor). O enrolamento de corrente contínua no campo de excitação é alimentado por uma fonte externa através de anéis deslizantes e escovas. Alguns enrolamentos de excitação não possuem escovas e sim excitação por diodos girantes.

Na figura 4 pode-se verificar os componentes que contemplam um gerador síncrono para um dentre vários fabricantes existentes no mundo.

Figura 4: Vista explodida de um gerador síncrono



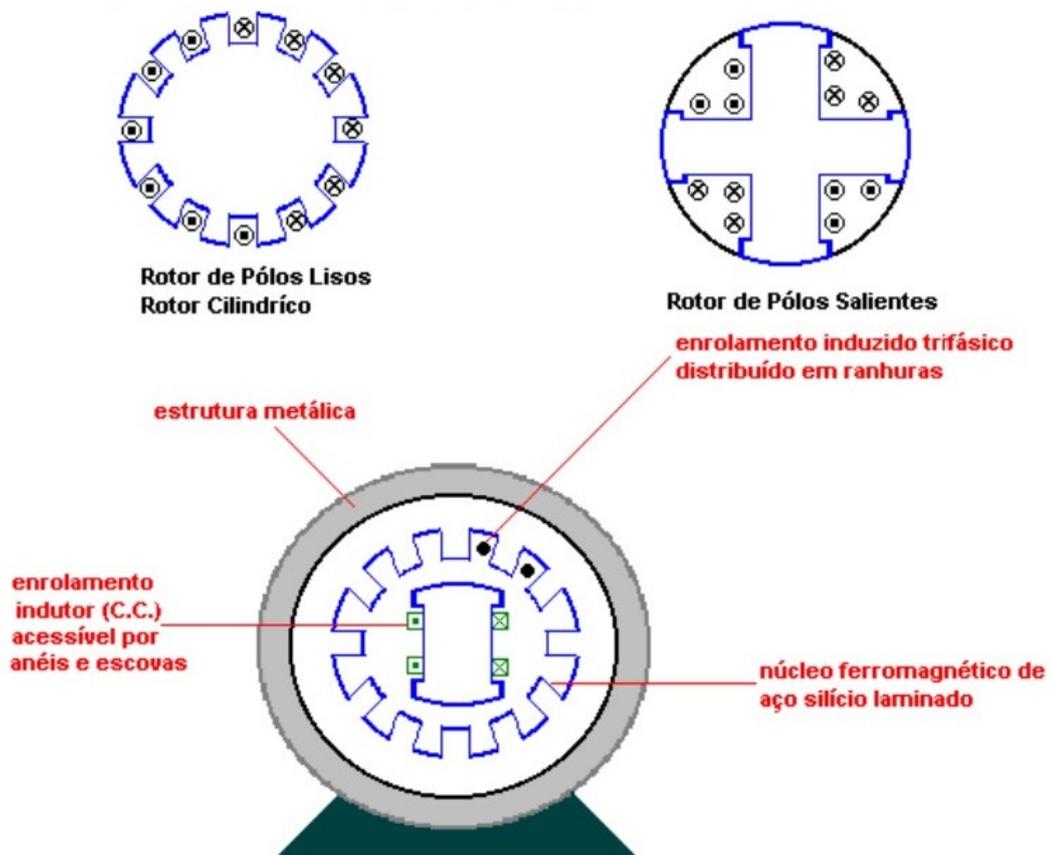
Fonte: WEG, 2020

2.3.1 Aspectos Construtivos

Quanto aos enrolamentos da máquina, pode-se considerar duas partes básicas que são: enrolamento de campo de excitação e a armadura. Conforme (CHAPMAN, 2013), geralmente aos enrolamentos que produzem o campo usa-se a expressão "enrolamentos de campo ou enrolamentos de rotor", pois se encontram no rotor da máquina e o termo "enrolamentos de armadura ou enrolamentos de estator (por se localizarem no estator da máquina)" é designado aos enrolamentos nos quais é induzida a tensão principal.

Nas figuras 5 e 6 pode-se observar algumas partes fundamentais da construção de um GS, entre elas o rotor e o estator. De acordo com (CHAPAMAN, 2013; PINTO, 2019) o rotor de um gerador síncrono pode ser visto como um grande eletroímã, em que os polos magnéticos podem ser construídos de duas formas: salientes ou não salientes (lisos). Um polo saliente é um polo magnético que se sobressai radialmente do rotor (figura 6 (a)) e um polo não saliente é um polo magnético com os enrolamentos encaixados e nivelados com a superfície do rotor (Figura 6 (b)). O estator é a parte estacionária.

Figura 5: Gerador Síncrono em corte transversal

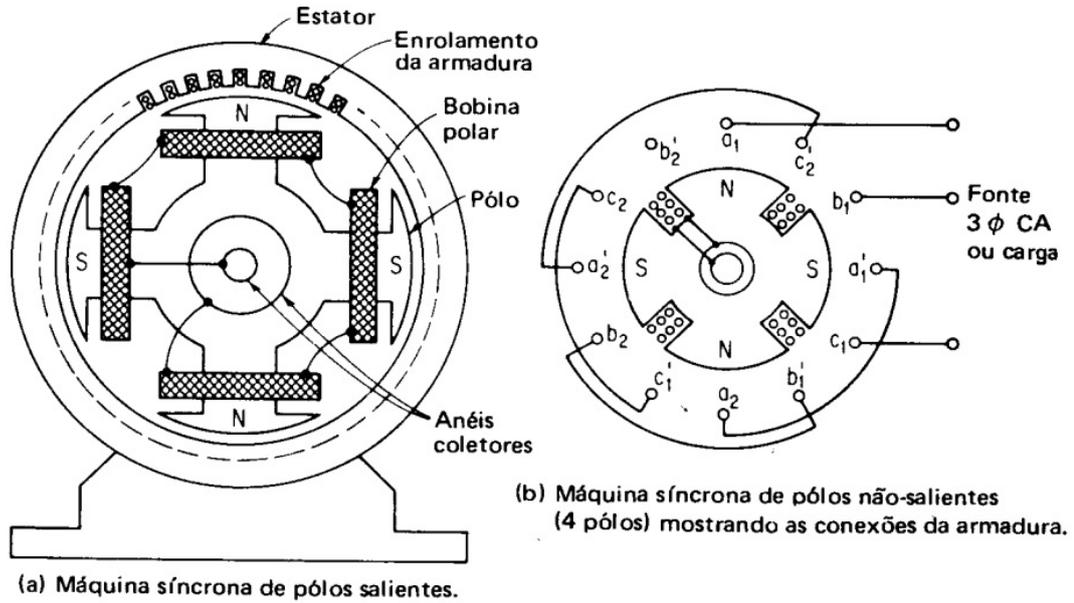


Fonte: PINTO, 2019

O rotor cilíndrico é indicado para máquinas de alta velocidade como turbogeradores,

enquanto que para aplicações onde a velocidade é baixa, emprega-se máquinas com rotor de polos salientes.

Figura 6: Rotor e Estator em uma máquina síncrona



Fonte: KOSOW, 1982

Nota: Neste trabalho, enfatiza-se alguns detalhes sobre polos salientes e excitação Brushless com bobina auxiliar, considerando que são tecnologias empregadas na construção de alternadores para grupos geradores, como é possível constatar na figura 7. Outrossim, para as demonstrações de variáveis referentes ao GS com rotor polos salientes suponha que o gerador trabalha em regime permanente, com carga indutiva e resistência de armadura desprezível, pois, conforme (FITZGERALD; KINSLEY, 2014) essa resistência usualmente pequena.

Figura 7: Especificações para um Alternador Síncrono

Alternadores para Grupos Geradores

Grau de proteção	IP21	Norma	IEC/NEMA
Refrigeração	IC01	Aplicação	Ambiente Industrial
Tipo de excitação	Brushless com bobina auxiliar	Modelo	AG10-250MI10AI
Forma construtiva	B15T	Distorção harmônica máxima (sem carga)	≤ 3%
Disco de acoplamento	SAE 11,5	Altitude	até 1000 m
Tipo de Flange	SAE 1	Passo de enrolamento do estator	2/3
Tipo do pólo	Saliente	Número de terminais	12
Classe de isolamento	180°C (H)	Fator de potência	0.8 a 1.0
Carcaça (IEC)	250.0	Número de polos	4
Plano de pintura	207A	Rotação nominal - 50 Hz	1500 rpm
Configuração de operação	OPERAÇÃO EM PARALELO COM REDE	Rotação nominal - 60 Hz	1800 rpm

Fonte: adaptado de (WEG, 2020)

2.3.2 Tensão interna gerada por fase em um gerador síncrono

Segundo (KOSOW, 1982) o valor efetivo da tensão gerada em cada fase de uma máquina síncrona depende de algumas variáveis intrínsecas à máquina, como é possível verificar em (3).

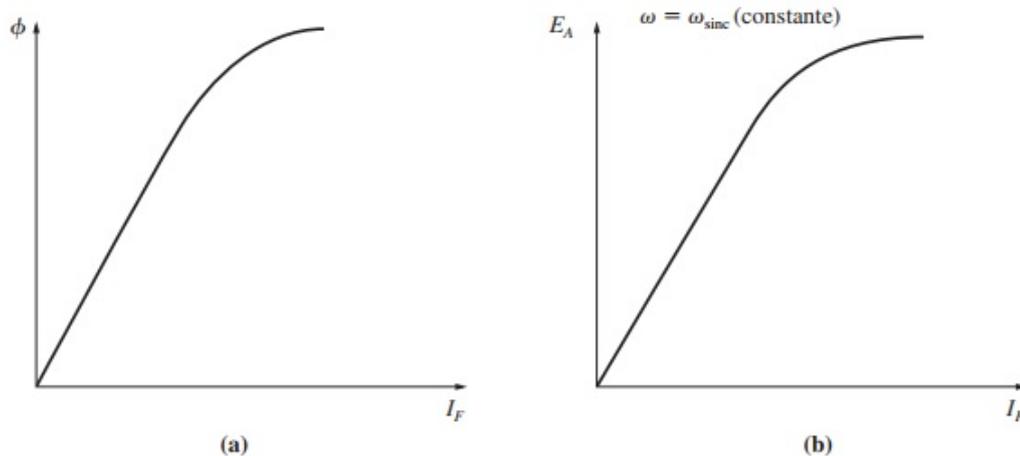
$$E_A = 4,44 \cdot \Phi \cdot N_f \cdot f \cdot k_p \cdot k_d \times 10^{-8} [\text{V}] \quad (3)$$

Conforme (CHAPMAN, 2013) a tensão interna gerada por cada fase do GS também pode ser escrita como em (4).

$$E_A = K \cdot \Phi \cdot \omega [\text{V}] \quad (4)$$

Através proporcionalidade direta entre a tensão interna gerada (E_A) ao fluxo e à velocidade, considerando a relação entre o fluxo e a corrente do circuito de campo (I_F), pode-se obter a gráfico da curva de magnetização ou característica a vazio como ilustrado na figura 8.

Figura 8: Curva de Magnetização ou característica a vazio



Fonte: Adaptado de (CHAPMAN, 2013)

2.3.3 Circuito equivalente e diagrama fasorial de um gerador síncrono

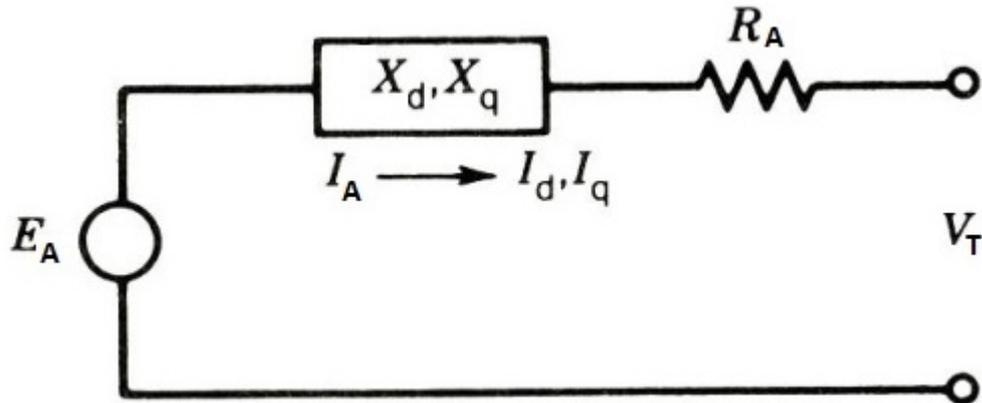
Na figura 9 é possível observar o sentido da corrente de armadura, bem como a reatância síncrona X_s em série com a resistência de armadura R_A .

A reatância síncrona da máquina (X_s), por definição, é a soma da reatância de magnetização e a de dispersão (Camargo, 2019).

O gerador síncrono de polos salientes possui particularidades em relação ao rotor de polos lisos devido as protuberâncias que torna o rotor não uniforme. Consequência disso são os caminhos diferentes para o fluxo magnético, diferentes relutâncias embasados na Teoria das

Duas Reações do francês André Blondel.

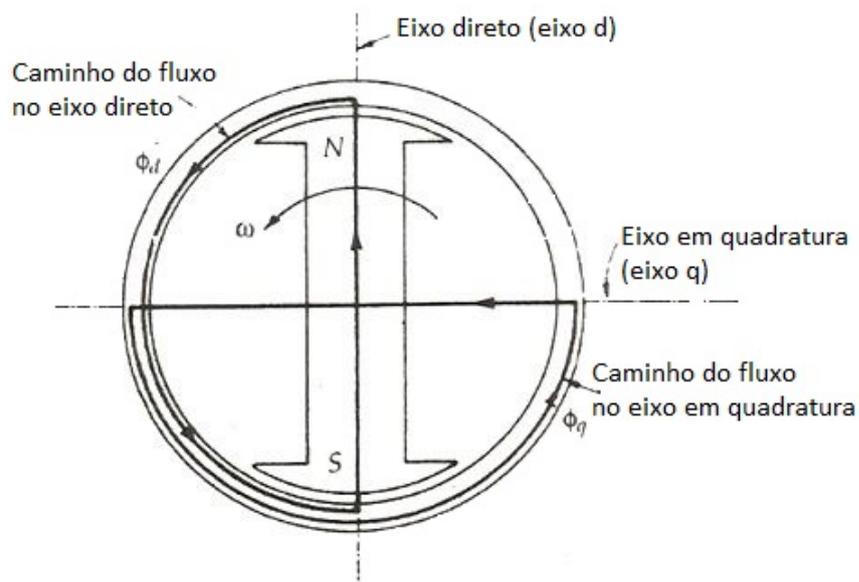
Figura 9: Circuito equivalente de um gerador síncrono



Fonte: Adaptado de (SEN, 2013)

Na figura 10 o eixo ao longo do eixo do rotor é chamado eixo direto (eixo d). O eixo perpendicular ao eixo d é conhecido como quadratura (eixo q). O caminho do fluxo do eixo direto envolve duas pequenas folgas de ar, o caminho da relutância mínima. O caminho mostrado na figura 10 por ϕ_q tem duas grandes aberturas de ar e é o caminho da máxima relutância (ILLUSTRATIONPRIZE, 2019).

Figura 10: Identificação dos caminhos do fluxo em eixo direto e em quadratura



Fonte: Adaptado de (ILLUSTRATIONPRIZE, 2019)

Conforme (DEL TORO, 1994) por um lado o percurso de relutância (oposição a passagem de fluxo magnético) mínima é o de eixo direto descrito por percurso de fluxo que

2.3.4 Ângulo de Potência para um gerador síncrono rotor polos salientes

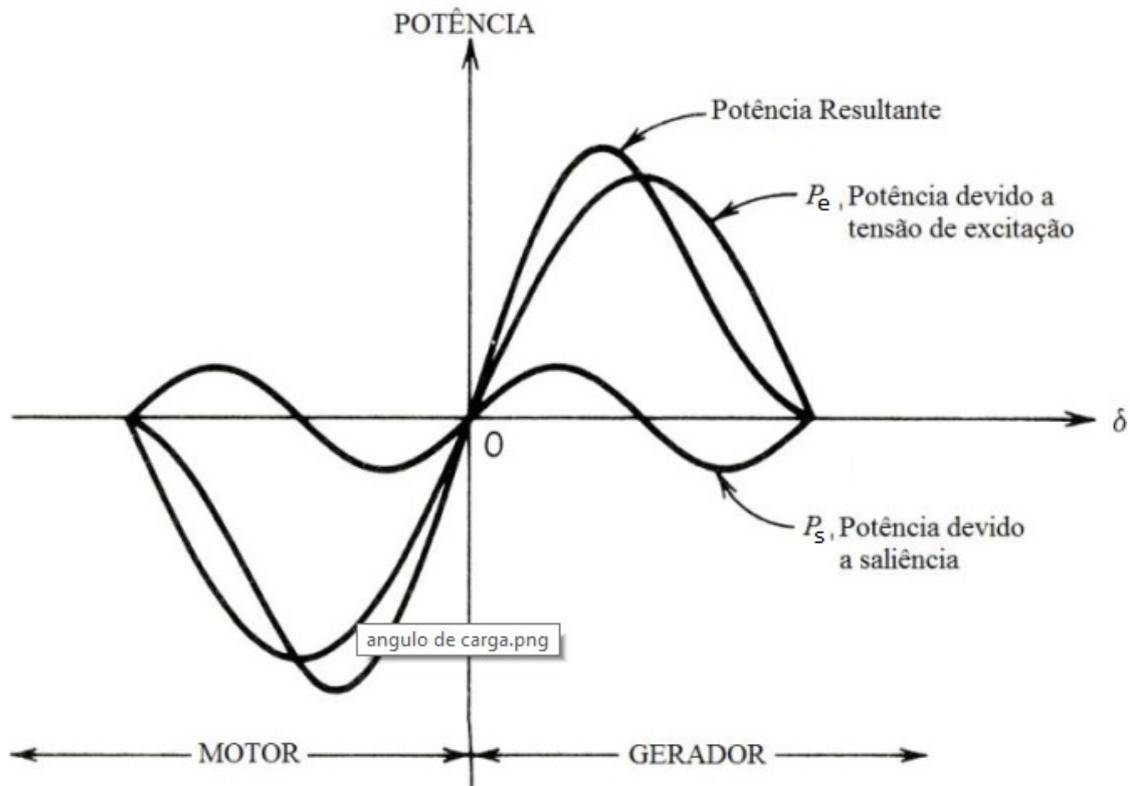
Para esta seção considera-se um gerador síncrono em regime permanente conectado a um barramento infinito.

Conforme (Bertineti, D. P.), pode-se obter o ângulo de potência δ , também chamado de ângulo de carga, para um gerador de polos salientes, como ilustrado no gráfico da figura 12, resultado da análise da potência gerada. Considerando o diagrama fasorial da figura 11 e desprezando a resistência de armadura R_A , é possível obter as relações para as potências ativa e reativa. A Potência ativa ou reativa gerada é resultado da soma da entre P_e (potência devido à tensão de excitação E_A) e P_s (potência gerada pelo efeito dos polos salientes, que produz relutância e torque). Em (6) obtêm-se a relação para a potência ativa gerada (P_G) e em (7) a potência reativa gerada (Q_G). O ângulo ϕ refere-se ao ângulo entre a corrente e a tensão terminal que determina o fator de potência.

$$P_G = \left(\frac{E_A \cdot V_{\Phi}}{X_d} \right) \cdot \text{sen } \delta + \left(\frac{V_{\Phi}^2 \cdot (X_d - X_q)}{2X_d X_q} \right) \cdot \text{sen } 2\delta \quad (6)$$

$$Q_G = \left(\frac{E_A \cdot V_{\Phi}}{X_d} \right) \cdot \text{cos } \delta + V_{\Phi}^2 \cdot \left(\frac{\text{sen}^2 \delta}{X_q} + \frac{\text{cos}^2 \delta}{X_d} \right) \quad (7)$$

Figura 12: Característica do ângulo de carga para um GS rotor polos salientes



Fonte: adaptado de (SEN, 2013)

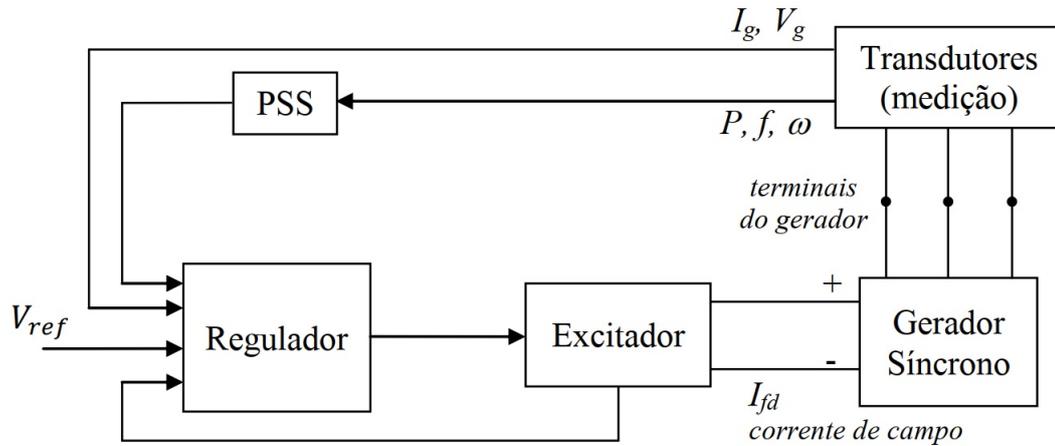
Ainda, segundo (Bertineti, D. P.), para diferentes valores de E_A obtêm-se diferentes curvas de potência e mesmo que o valor da tensão de excitação se aproxime de zero é possível manter o sincronismo da máquina em virtude da potência gerada em decorrência do torque de relutância, produzido devido as saliências na estrutura do rotor.

2.3.5 Sistema de excitação

Para a obtenção de tensão adequada nos terminais do gerador se faz necessário a inserção de uma corrente de excitação contínua no enrolamento de campo, aumentando a produção de campo magnético no estator e conseqüentemente o ajuste de tensão na saída para valores operacionais.

Conforme (FERNANDES, 2011), na figura 13 o sistema de excitação do GS compõe basicamente o regulador de tensão (AVR), os transdutores que englobam a parte de medição das variáveis de saída, um sistema de estabilização para evitar oscilações de frequência (PSS) e o excitador que recebe o sinal de controle que provém do AVR.

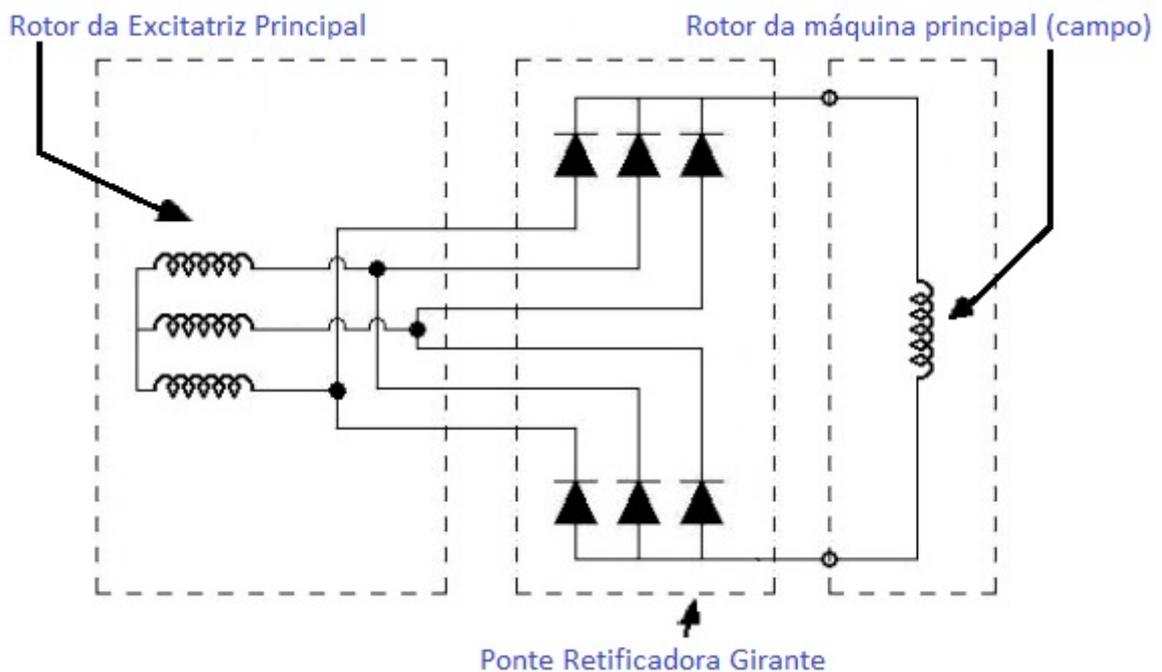
Figura 13: Sistema de Excitação de um Gerador Síncrono



Fonte: FERNANDES, 2011

Existem vários tipos de excitadores, entre os quais pode-se citar os geradores CC (mais antigos) e atualmente, conversores estáticos CA/CC e circuitos retificadores controlados como o gerador CA sem escovas (*brushless*). Os geradores atuais, em grande parte, estão sendo fabricados com o sistema de excitação *brushless* (figura 14). Esse sistema é o mais empregado nos geradores atuais, apesar de impactar no custo final possui algumas vantagens em relação aos excitadores com escovas, pois reduz a possibilidade de mau contato devido ao não uso de escovas, centelhamento, além de menor necessidade de manutenção.

Figura 14: Esquema de excitação *brushless*

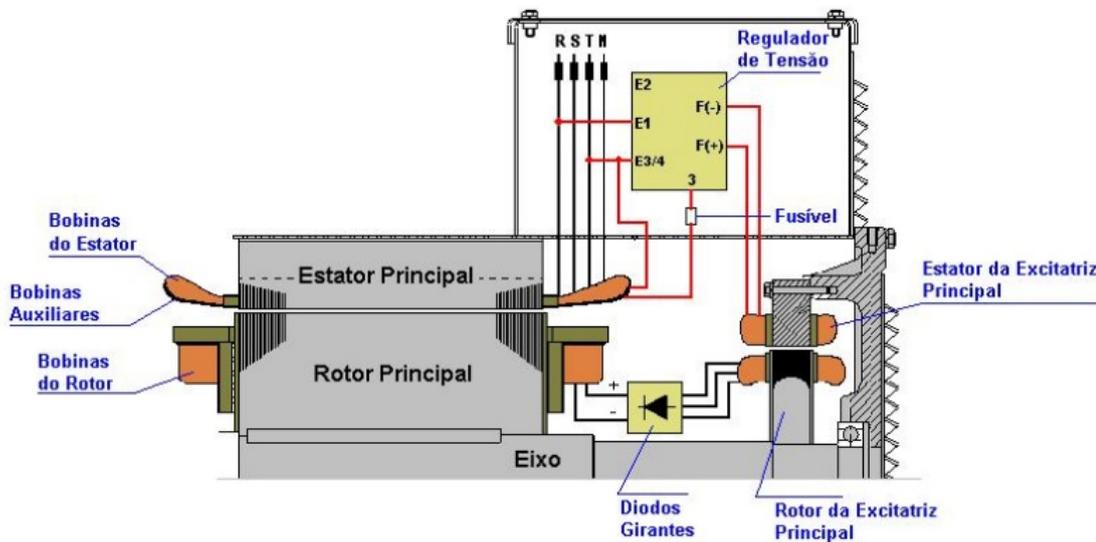


Fonte: Adaptado de (WEG, 2020)

Nos geradores com excitação sem escovas a corrente contínua para alimentação do campo é obtida sem a utilização de escovas e anéis coletores, utilizando somente indução magnética (PINHEIRO, 2019).

Conforme (PINHEIRO,2019) a potência para a excitação (alimentação do regulador de tensão) pode ser obtida de diferentes maneiras, as quais definem o tipo de excitação da máquina. A alimentação através de bobina auxiliar (figura 15) consiste em um conjunto auxiliar de bobinas alojadas em algumas ranhuras do estator principal da máquina.

Figura 15: Gerador com bobina auxiliar para o sistema de excitação



Fonte: WEG, 2020

2.3.6 Regulação de Tensão de um Gerador Síncrono

A regulação de tensão de um gerador CA em (8) é o aumento percentual na tensão dos terminais à medida que a carga vai sendo reduzida, desde o valor da corrente de carga máxima até zero, mantendo-se a velocidade e a excitação do campo constante (PINHEIRO, 2019). Pode-se concluir como a diferença entre a tensão terminal a vazio e a plena carga, expressa como uma porcentagem do valor da tensão nos terminais com carga máxima.

$$R\% = \frac{V_{aVazio} - V_{plenaCarga}}{V_{plenaCarga}} \cdot 100\% \quad (8)$$

2.4 SISTEMA DE TARIFAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA NO BRASIL

O Serviço Energia Elétrica é essencial no dia a dia da sociedade, seja nas residências ou nos diversos segmentos da economia. Para o uso desse bem é necessária a aplicação de tarifas que remunerem o serviço de forma adequada, que viabilize a estrutura para manter o serviço com qualidade e que crie incentivos para eficiência. Seguindo tais preceitos, a ANEEL desenvolve metodologias de cálculo tarifário para segmentos do setor elétrico (geração, transmissão, distribuição e comercialização), considerando fatores como a infraestrutura de geração, transmissão e distribuição, bem como fatores econômicos de incentivos à modicidade tarifária e sinalização ao mercado (ANEEL, 2016).

As concessionárias de energia elétrica no Brasil seguem Normas estabelecidas pela ANEEL para compor as faturas de energia elétrica de seus clientes. No âmbito do sistema tarifário, alguns termos definidos pela resolução 414/ 2010 da ANEEL define tais termos como descrito na são comumente utilizados, descritos no quadro 5 do apêndice A.

A partir do ano 2015 uma nova estrutura conhecida nacionalmente como sistema de bandeiras tarifárias passou a ter vigência. Os reajustes dos custos com geração de energia elétrica que no modelo anterior eram repassados ao consumidor anualmente passaram a serem mensais, podendo ter ou não cobrança adicional na tarifa de energia, com oscilação dependente das condições de geração de energia elétrica. A resolução normativa nº 883/2020 da Aneel aprovou a versão 1.9 do Submódulo 6.8 dos PRORET que estabelece as definições, metodologias e procedimentos de aplicação das BT, tendo por finalidade sinalizar aos consumidores as condições de geração de energia elétrica no SIN e equalizar custos variáveis na aquisição de energia elétrica.

O sistema tarifário é correspondido pelas bandeiras: verde, amarela e vermelha, sendo que a vermelha possui os patamares 1 e 2. Em síntese, o cálculo para o acionamento das bandeiras tarifárias considera, principalmente, o risco hidrológico e o preço da energia. A tabela (1) apresenta a descrição para cada BT, bem como valores acrescidos por kWh. De acordo com (Aneel, 2020), o cenário de pandemia da Covid-19 impactou na redução de consumo de energia elétrica, fazendo com que fosse acionada a bandeira verde no ano 2020, medida emergencial para aliviar a conta de luz dos consumidores e auxiliar o setor elétrico.

Tabela 1: Bandeiras Tarifárias

BANDEIRA	DESCRIÇÃO	ACRÉSCIMO POR kWh EM [R\$]
Verde	Condições favoráveis de geração de energia	Não há
Amarela	Condições de geração menos favoráveis	0,01343
Vermelha P1	Condições mais custosas de geração	0,04169
Vermelha P2	Condições ainda mais custosas de geração	0,06243

Fonte: Adaptado de (Aneel, 2020)

2.4.1 Grupamentos de Unidades Consumidoras e Modalidades de Tarifas

As normas internas das concessionárias de energia elétrica são elaboradas conforme resoluções estabelecidas pela ANEEL. No que se refere a Grupamentos de unidades consumidoras e modalidades tarifárias a resolução 414/ 2010 estabelece e define a classificação dos consumidores de acordo com a finalidade da utilização de energia elétrica, classificando as unidades consumidoras em dois grupos, A e B, conforme a tensão de alimentação e dentro destes há divisões conforme cada perfil de consumo.

O grupo B caracteriza o fornecimento em baixa tensão, salvo em casos especiais onde pode ocorrer fornecimento em média tensão até 2,3 kV, com tarifa monômnia, o consumo é tarifado. O grupo B possui quatro subgrupos descritos no quadro 1

Quadro 1: Subgrupos de UCs com tensão menor que 2,3 kV - GRUPO B

SUBGRUPO	UNIDADE CONSUMIDORA CORRESPONDENTE
B1	Residencial, residencial baixa renda.
B2	Rural, cooperativa de utilização rural, serviço público de irrigação .
B3	Demais classes.
B4	Iluminação pública.

Fonte: Adaptado de (Aneel, 2010)

As unidades consumidoras que se enquadram no grupo A possuem o fornecimento em média ou alta tensão (pode ocorrer em baixa tensão, porém em um caso específico a partir de um sistema subterrâneo de distribuição) como descrito no quadro 2 . A tarifa que se aplica ao grupo A denomina-se tarifa binômnia, onde o faturamento é ocorre considerando a parcela referente ao consumo e a demanda.

Quadro 2: Subgrupos de UCs com tensão maior ou igual a 2,3 kV - GRUPO A

SUBGRUPO	UNIDADE CONSUMIDORA CORRESPONDENTE
A1	Tensão de fornecimento maior ou igual a 230 kV.
A2	Tensão de fornecimento de 88 kV a 138 kV.
A3	Tensão de fornecimento de 69 kV.
A3a	Tensão de fornecimento de 30 kV a 44 kV.
A4	Tensão de fornecimento de 2,3 kV a 25 kV.
AS	Tensão de fornecimento inferior a 2,3 kV, a partir de sistema subterrâneo de distribuição.

Fonte: Adaptado de (Aneel, 2010)

Segundo a NTC 903100 os consumidores com demanda superior a 75 kW são obrigados a se classificarem no grupo A, mas o subgrupo estará direcionado de acordo com estudo conjunto entre o consumidor e a COPEL de acordo com os perfis de carga e disponibilidade na região.

De acordo com a (Aneel, 2012), as UCs pertencentes ao grupo A podem optar pela modalidade tarifária horo sazonal azul ou verde, basicamente, como na figura 16, com regras específicas para contratação estabelecidas no art. 38, parágrafo 1 da resolução 479/ 2012 , da seguinte forma:

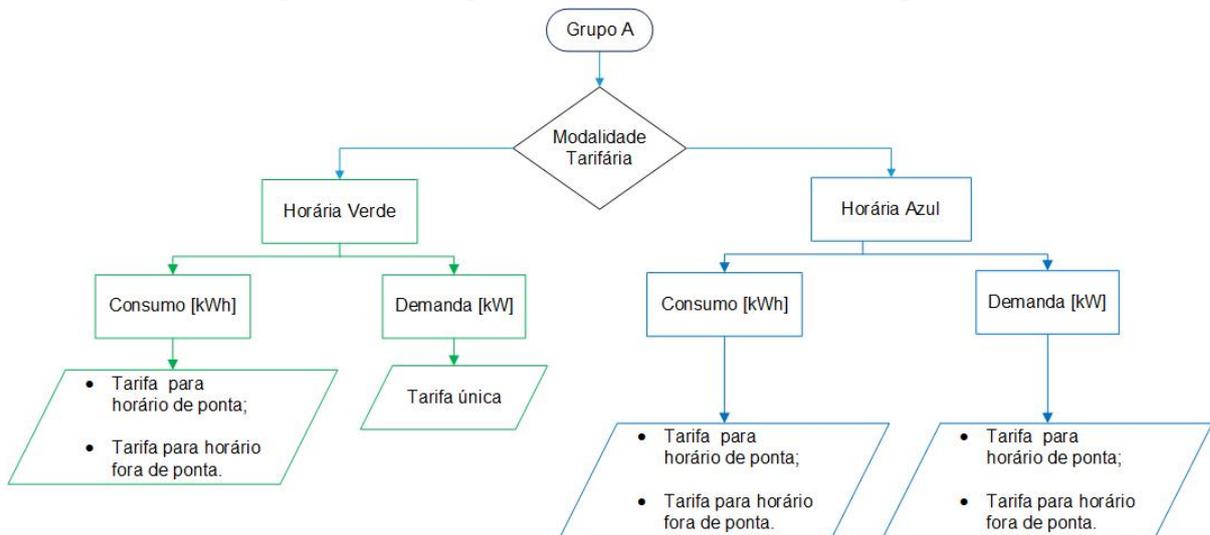
- Unidade consumidora com 69 kV (Subgrupos A1, A2 e A3) na modalidade tarifária horária azul;
- Unidade consumidora com tensão de fornecimento inferior a 69 kV (Subgrupos A3a, A4 e AS) e demanda contratada igual ou superior a 300 kW poderá optar pela modalidade tarifária horária azul ou verde;
- Unidade consumidora com tensão de fornecimento inferior a 69 kV e demanda contratada inferior a 300 kW poderá optar pela modalidade tarifária convencional binômia, ou horária azul ou verde.

Entretanto, o parágrafo 6 do art. 58 da resolução 479/ 2012 trata da migração das unidades consumidoras com demanda contratada inferior a 300 kW para a modalidade horária azul ou verde, alterando o disposto no item três acima mencionado, sendo extinta a modalidade convencional binômia.

A Tarifa Horo sazonal Azul aplica preços diferenciados tanto para consumo de energia (ponta seca, ponta úmida, fora de ponta seca e fora de ponta úmida) quanto

para demanda de potência (na ponta e fora de ponta). A Tarifa Horossazonal Verde aplica preços diferenciados para consumo de energia (ponta seca, ponta úmida, fora de ponta seca e fora de ponta úmida), mas pratica preço único para a demanda de potência, assim como na estrutura tarifária convencional. Se o Cliente retira carga da ponta o suficiente para que a demanda seja menor que a carga fora de ponta, mas o seu fator de carga na ponta é maior que 0,65, Tarifa Azul. Trata-se de modalidade tarifária para empresas que não modulam carga no horário de ponta e que possuem um elevado consumo ativo no horário de ponta. Se o Cliente retira carga na ponta, porém o uso durante o horário de ponta não é intensivo (fator de carga na ponta menor que 0,65), Tarifa Verde. Esta tarifa também é a melhor opção para aqueles que não fazem uso intensivo na ponta, mas que, eventualmente, estão sujeitos a uma demanda elevada na ponta. Trata-se de modalidade tarifária adequada para empresas que modulam carga no horário de ponta e que possuem uma redução significativa do consumo ativo no horário de ponta (COELBA, 2020).

Figura 16: Fluxograma do modelo de Tarifa do Grupo A



Fonte: Elaborado pelo autor

Conforme (COPEL, 2020), no caso dos consumidores que se enquadram e optam pela modalidade verde, o faturamento para o consumo (FaturCons) se dá considerando o valor do consumo nos horários FP e PT em (9). Além das variações nos valores das tarifas em horário de ponta e fora de ponta, há acréscimo no valor da fatura de acordo com a sazonalidade, ou seja, período úmido ou seco.

$$FaturCons = (TCPT \cdot CMPT) + (TCFP \cdot CMFP) \quad (9)$$

Calcula-se o faturamento para a demanda (FD), multiplicando-se a tarifa de demanda pela demanda contratada ou pela maior demanda medida, desde que esta não ultrapasse em mais de 5% do valor da demanda contratada em (10). Caso o valor da seja excedido em mais de 5%, haverá o faturamento sobre o valor ultrapassagem (FDU), com um custo maior como em (11).

$$FD = TD \cdot DC \quad (10)$$

$$FDU = TU \cdot (DM - DC) \quad (11)$$

Conforme (Copel,2020), as instalações elétricas dos consumidores que possuem um fator de potência inferior a 0,92 (reativo ou indutivo) são taxados pelo consumo da energia reativa.

O fator de potência de referência “fR”, indutivo ou capacitivo, tem como limite mínimo permitido, para as unidades consumidoras do grupo A, o valor de 0,92 (ANEEL 2013).

Na composição da TE incidem alguns tributos estaduais e federais como no quadro (3), além de reajustes para correção de inflação monetária, cobrir custos de manutenção, operação e investimentos no setor.

Quadro 3: Alguns tributos presentes na TE

Tributo	Descrição
COSIP	Contribuição para o Custeio da Iluminação Pública
COFINS	Contribuição para o Financiamento da Seguridade Social
ICMS	Imposto sobre circulação de mercadorias e prestação de serviços
TUSD	Tarifa de Uso do Sistema de Distribuição
TUST	Tarifa de Uso do Sistema de Transmissão
PIS/ PASEP	Programas de Integração Social e de Formação do Patrimônio do Servidor Público.

Fonte: Elaborado pelo autor

2.4.2 Sistema tarifário do centro corporativo

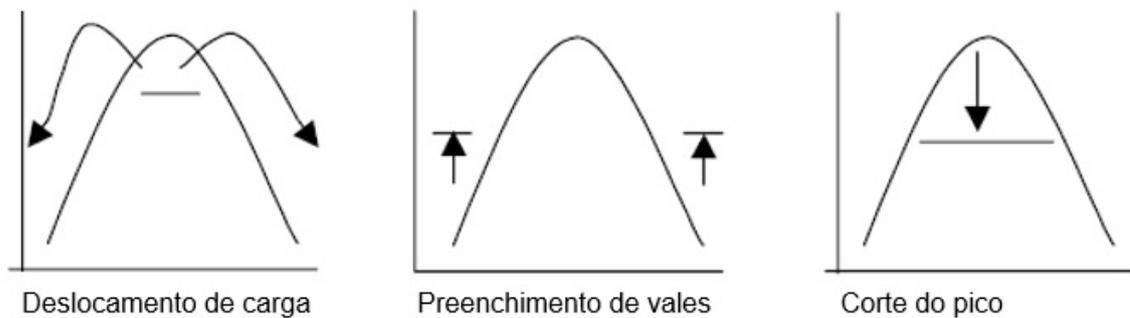
Este trabalho tem como unidade consumidora de estudo um centro corporativo localizado em Curitiba-Pr no bairro Taboão com cerca de 600 funcionários, com turnos variados porém os horários com maior fluxo se dá entre 8 e as 18 horas de segunda a sexta-feira.

O centro corporativo atualmente é atendido pela concessionária COPEL. A alimentação se dá através de um ramal de 13,8 kV, vindo diretamente da SE do Barreirinha através da rede aérea, definindo a fatura de energia elétrica no grupo A e subgrupo A4 e a modalidade tarifária é a horo sazonal verde, enquadrando-se como média potência no sistema tarifário.

2.5 PERFIL DE CONSUMO E DEMANDA

Para a obtenção de resultados satisfatórios na análise do perfil de consumo de energia elétrica e demanda, faz-se necessário um estudo abrangente envolvendo alguns fatores como a curva de carga da instalação, por exemplo. As concessionárias estão incorporando cada vez mais os conceitos de gerenciamento pelo lado da demanda (GLD), sendo necessária a adoção de ações efetivas pelo lado dos consumidores para melhor aproveitamento da energia elétrica. Conforme (GELLINGS, 1985), o GLD é o planejamento e a implementação de técnicas, abrangendo ações das concessionárias com intuito de influenciar os consumidores, refletindo em alterações planejadas na curva de carga, nas quais algumas das possibilidades de modelagem da curva em (17) são utilizadas como base neste estudo de caso, como: corte do pico, preenchimento de vales e deslocamento de carga.

Figura 17: GLD - Possibilidades de modelagem da curva



Fonte: Adaptado de (CAMARGO, 1996)

Como mencionado anteriormente a tarifa de modalidade horo sazonal verde possui tarifa única para a demanda e para a energia ativa a cobrança possui taxa específica nos horários FP e PT.

Os valores dos históricos de medição e fatura a partir do mês de maio/ 20 no período analisado apresentaram queda considerável, possivelmente devido as alterações na rotina dos trabalhadores, impostas pela pandemia do Covid-19.

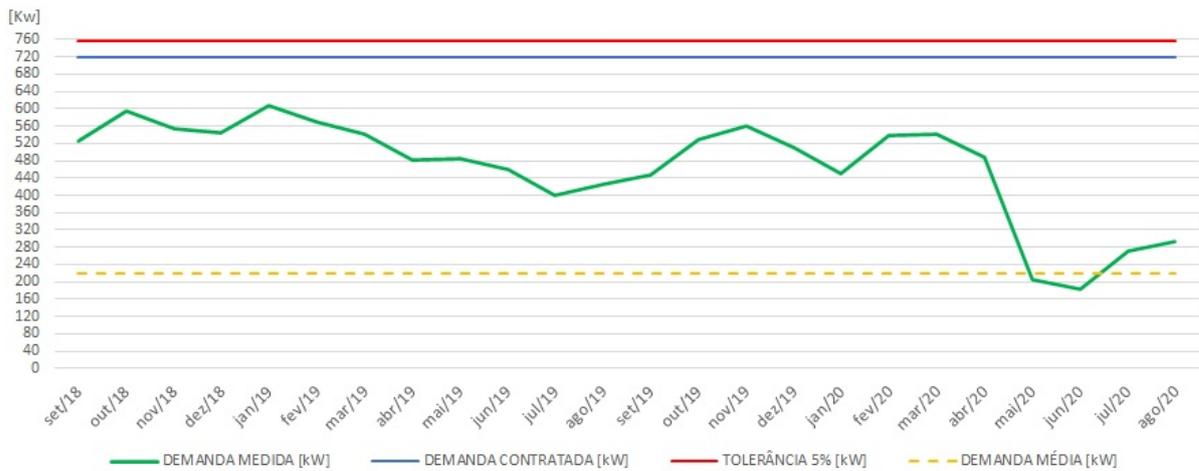
A demanda contratada pelo centro corporativo é de 720 [kW] e considerando a margem de tolerância 5% a demanda disponível é de 756 [kW]. Analisando os dados do histórico de consumo e os demais dados constados nas faturas de energia elétrica, fornecidos pela concessionária, em (18) é possível constatar que a demanda medida atingiu valores em torno de 600 [kW] somente duas vezes, no período compreendido entre setembro de 2018 e agosto de 2020. Uma das possíveis justificativas para os picos de demanda nos dois casos é a utilização de ar condicionado e outros equipamentos de refrigeração, tendo em vista que os picos de demanda ocorreram nos meses de clima quente na região de Curitiba-Pr.

Para o cálculo aproximado da demanda média (equação 12) considerou-se a energia elétrica FP, PT e reativa consumida no período de 24 meses conforme ilustrado na figura (18).

Demanda média é a relação entre a quantidade de energia elétrica (kWh) consumida durante um certo período de tempo e o número de horas desse período (HADDAD, 2004).

$$D_{med} = \frac{\text{Consumo [kWh]}}{T \text{ [horas]}} \tag{12}$$

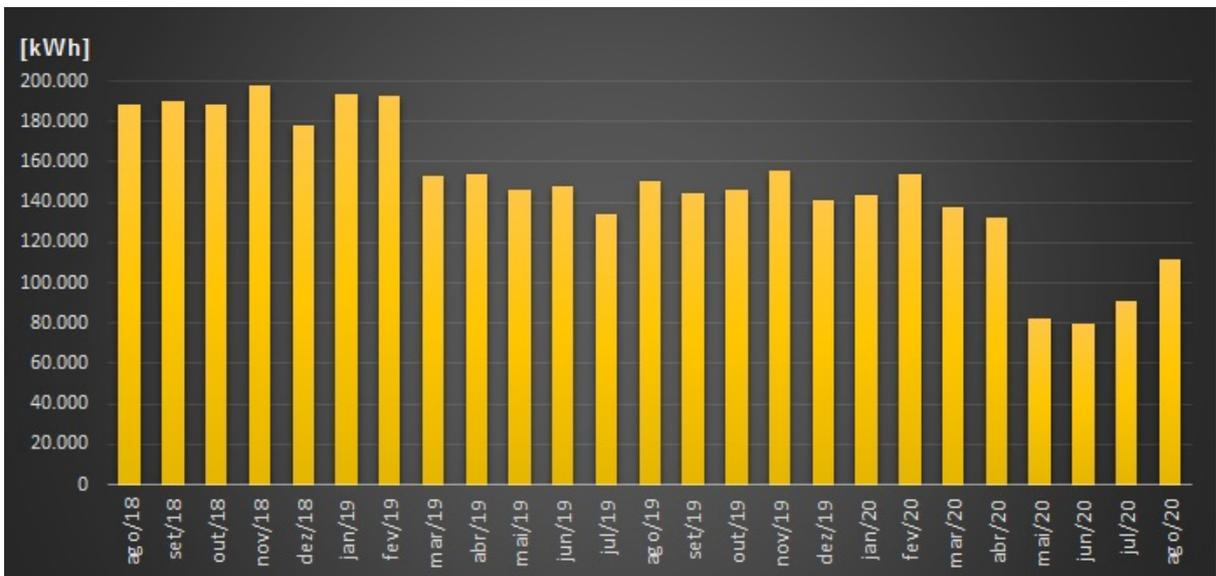
Figura 18: Histórico de Demanda do Centro Corporativo



Fonte: Elaborado pelo autor

O consumo no horário FP em (19) apresentou uma queda expressiva no ano de 2019, saltando de valores que ultrapassavam 180 000 [kWh] para menos de 150 000[kWh].

Figura 19: Histórico de Consumo em horário fora de ponta do centro corporativo

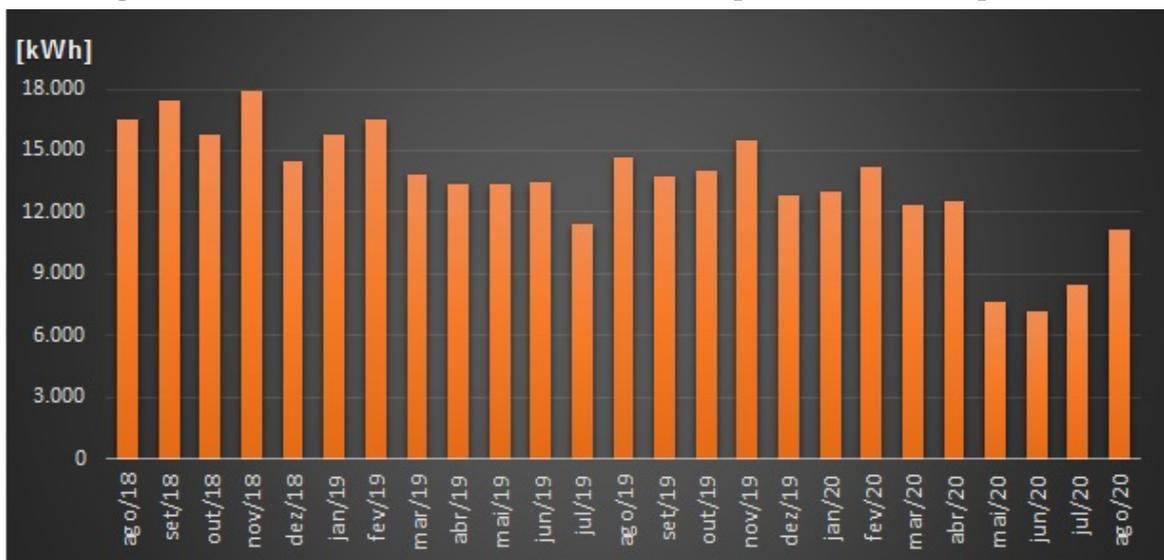


Fonte: Elaborado pelo autor

O consumo no horário de ponta em (20) apresentou queda em relação ao final de 2018 com valores em torno dos 13 500 [kWh] em 2019.

Segundo informações obtidas junto aos responsáveis pelo setor de manutenção do centro corporativo, as quedas no consumo e demanda são oriundas de ações realizadas no fim de 2018 para redução de custos com energia elétrica, principalmente a substituição dos aparelhos de ar condicionado por outros mais eficientes e econômicos.

Figura 20: Histórico de consumo em em horário de ponta do centro corporativo



Fonte: Elaborado pelo autor

No intuito de evidenciar melhor os dados da demanda e consumo, considerou-se os dados amostrados pelo período de 1 ano (maio/ 2019 a abril/ 2020), descartando os dados referentes aos meses em que as consequências do Covid-19 afetaram os resultados e dos meses anteriores a maio/ 2019.

A análise da fatura de energia elétrica na modalidade horo sazonal verde não é possível obter a discriminação de valores para demanda PT e FP separadamente, então foi necessário fazer a análise da memória de massa em (21), onde o maior valor de demanda máxima medida foi de 647 [kW].

Os medidores de energia do Grupo A (Cliente Alta Tensão), diferente dos medidores do Grupo B (residencial por exemplo), contabilizam o consumo de energia em função do tempo e armazenam essas informações no Arquivo de Memória de Massa. Nesse arquivo ficam registrados, além do consumo, os valores de demanda, a existência de demandas reativas e os fatores de potência, durante um determinado período de fornecimento de energia (COPEL, 2020).

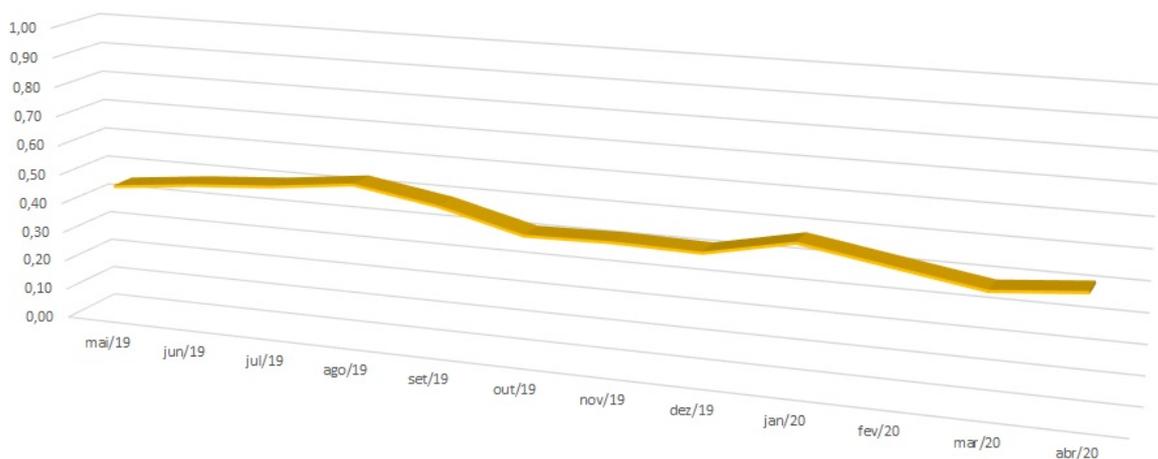
Figura 21: Memória de massa para a Demanda

MEMÓRIA DE MASSA						
Data de Medição	DEMANDA MÁXIMA					
	Ponta			Fora-Ponta		
	kW	kVARInd	kVARCap	kW	kVARInd	kVARCap
01/05/2020	197	52	25	236	75	39
01/04/2020	335	86	27	565	160	59
01/03/2020	384	128	-	627	188	44
01/02/2020	364	114	-	624	185	43
01/01/2020	337	86	22	523	178	52
01/12/2019	338	78	23	590	192	44
01/11/2019	347	88	19	647	213	42
01/10/2019	372	91	18	613	221	37
01/09/2019	331	54	19	517	166	39
01/08/2019	311	57	18	492	150	40
01/07/2019	291	40	21	462	148	35
01/06/2019	343	99	22	532	196	30
01/05/2019	365	98	17	562	202	36
01/04/2019	346	93	11	558	202	30
Maior valor de Demanda máxima:	384	128	27	647	221	59

Fonte: Elaborado pelo autor

Para a melhor representar o comportamento do consumo e da demanda, obteve-se o fator de carga por mês conforme (22).

Figura 22: Curva do fator de carga no período de Maio/ 2019 a abril/ 2020



Fonte: Elaborado pelo autor

Manipulando a equação (13) e os valores da tabela (2) obtêm-se os valores para o fator de carga. O maior valor para o fator de carga no período analisado foi de $F_c = 0,53$ no mês de agosto de 2019. A melhoria no fator de carga naquele mês se deu pelo aumento no consumo, mantendo com pouca alteração na demanda.

$$F_{cm} = \frac{\text{Consumo}}{(730 \cdot D_{max})}, (0 < F_{cm} \leq 1) \quad (13)$$

Onde: 730 equivale ao número horas em um mês.

A tabela (2) apresenta os valores tarifados para a energia elétrica PT e FP e o consumo reativo FP, A demanda máxima por mês no período analisado não ultrapassou os 559 (kW) e o valor médio para o fator de carga foi igual a 0,45. No Horário de ponta o consumo de reativos não ultrapassou o limite permitido.

Adotando-se que o mês possui 22 dias úteis e multiplicando pelas 3 horas consecutivas do horário de ponta chega-se a 66 horas. Ao dividirmos o consumo médio no horário PT (tabela 2) é de 13.415,42 [kWh] por 66 [h] conforme (14), obtêm-se a demanda média no horário PT a $D_{med_{PT}} = 203,26$ [kW].

$$D_{med_{PT}} = \frac{\text{Consumo Medio PT [kWh]}}{66 [h]} \quad (14)$$

Tabela 2: Valores constados nas faturas de energia elétrica para o consumo, demanda máxima e fator de carga correspondente.

Mês	Consumo		Consumo		Fc
	PT [kWh]	FP [kWh]	Reativo FP [kWh]	Dmax [kW]	
abr/20	12.535	132.093	0	488,16	0,41
mar/20	12.346	137.879	23	541,72	0,38
fev/20	14.162	153.705	39	539,13	0,43
jan/20	12.980	143.329	57	451,87	0,47
dez/19	12.780	141.061	40	509,76	0,41
nov/19	15.518	155.749	66	559,00	0,42
out/19	13.991	146.119	0	529,63	0,41
set/19	13.758	144.558	0	446,68	0,49
ago/19	14.634	150.369	0	425,08	0,53
jul/19	11.468	134.114	0	399,16	0,50
jun/19	13.442	147.461	8	459,64	0,48
mai/19	13.371	146.293	0	485,56	0,45

Fonte: Elaborado pelo autor

De acordo com (MAMEDE FILHO, 2017), o fator de carga mede o quanto a demanda máxima foi mantida durante o intervalo de tempo considerado ou se a energia está sendo utilizada de forma racional em uma determinada instalação. podendo proporcionar as vantagens como otimização dos investimentos da instalação elétrica e redução do valor da demanda pico.

Ainda, a melhoria do fator de carga possibilita:

- Conservar a demanda e aumentar o consumo;
- Conservar o consumo e reduzir a demanda.

A COPEL atualizou as tarifas de energia elétrica em (23) com base na resolução homologatória 2704/ 2020 da ANEEL, de 23 de junho de 2020.

Figura 23: Tarifas de energia elétrica - COPEL

Grupo tarifário		Fora de Ponta			
A1	A3a	Demanda		Consumo	
A2	A4	Sem Imposto	15,26	0,24879	0,07788
			TUSD (R\$/kW)	TE (R\$/kWh)	TUSD (R\$/kWh)
A3	A5	Com Imposto	22,41	0,36533	0,11436
			TUSD (R\$/kW)	TE (R\$/kWh)	TUSD (R\$/kWh)
Modalidade tarifária		Ponta			
Verde		Demanda		Consumo	
		Sem Imposto	15,26	0,40626	0,91180
			TUSD (R\$/kW)	TE (R\$/kWh)	TUSD Ponta (R\$/kWh)*
		Com Imposto	22,41	0,59656	1,33891
			TUSD (R\$/kW)	TE (R\$/kWh)	TUSD Ponta (R\$/kWh)**

Fonte: Adaptado de (COPEL, 2020)

Os tributos aplicados pela COPEL são:

- ICMS - A Base de cálculo se da conforme (15), sobre os valores do consumo, demanda, demanda de ultrapassagem e excedente reativo, com alíquota de 29% conforme lei estadual 11.580/1996.

$$BC = A \cdot T \cdot \left[1 + \left(\frac{ALIQ}{(100 - ALIQ)} \right) \right] \quad (15)$$

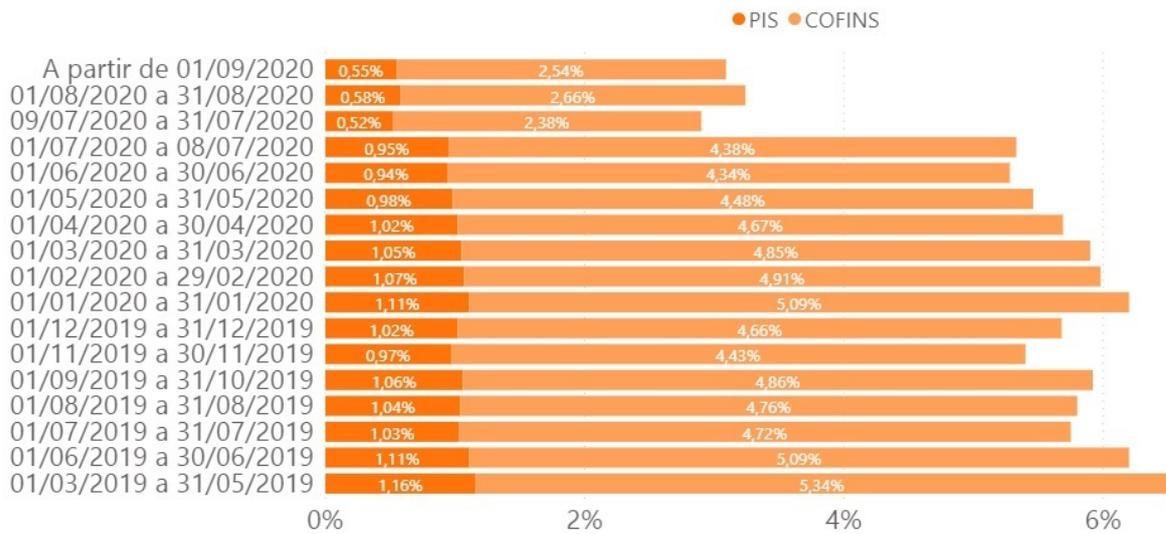
Onde: BC = Base de Cálculo do ICMS; A = Consumo, demanda, demanda da ultrapassagem, excedente reativo e encargo de capacidade emergencial; T = Tarifa sem ICMS; ALIQ = Alíquota (29% para os clientes do Grupo A)

- PIS/PASEP: Conforme o art. 239 da Constituição Federal de 1988 e as Leis Complementares 7, de 07 de setembro de 1970, e 8, de 03 de dezembro de 1970 (COPEL,2020);

- COFINS: Conforme Lei Federal Complementar 70/ 1991.
- COSIP: Contribuição municipal para custeio do serviço de iluminação pública conforme lei complementar número 46/ 2002, prevista no artigo 149-A da constituição nacional.

Os tributos federais PIS/ PASEP e COFINS em (24) foram excluídos da base tarifária a partir de 24/06/2005. A nova legislação dispõe que o cálculo destes tributos seja efetuado no momento da emissão da fatura, a exemplo do ICMS (COPEL,2020).

Figura 24: Variações nas taxas de PIS e COFINS



Fonte: Adaptado de (COPEL, 2020)

Na análise das faturas de energia do consumidor para este estudo de caso, constatou-se que a COPEL recolhe uma taxa por kW isenta de ICMS para a diferença do valor da demanda contratada com a demanda medida, ou seja, hipoteticamente se a demanda medida for de 400 [kW], a demanda contratada atual é de 720 [kW], então os 320 [kW] não utilizados da demanda contratada terão taxa isenta de ICMS.

3 DIMENSIONAMENTO DO GMG E ANÁLISE FINANCEIRA

Na conversão de energia mecânica em elétrica, o gerador é acionado por um motor a combustão que é alimentado por combustível. O armazenamento de combustível, como óleo diesel, é feito em um tanque específico no qual será abordado neste capítulo, incluindo nas especificações para o gerador as particularidades de instalação, potência e a análise sobre a viabilidade econômica.

O grupo gerador a ser dimensionado deverá assumir o consumo e demanda durante as 3 horas consecutivas do horário de pico com a possibilidade de negociação junto a concessionária para que o gerador passe a suprir também a carga no regime *peak shaving*¹ e ainda, a possibilidade da geração de potência reativa².

3.1 INSTALAÇÃO

Conforme (NTC 903100, 2011), a instalação do GMG será feita em paralelo com a rede da Copel. Importante ressaltar alguns pontos da norma como:

- A UC poderá possuir sistema de geração própria, instalado às expensas do consumidor, para operação em regime de emergência ou de geração paralela, com ou sem paralelismo momentâneo. A instalação deve ser precedida da aprovação do projeto elétrico por parte da Copel. A operação do sistema de geração própria será liberada após a aprovação do projeto e da respectiva vistoria (COPEL, 2011);
- A conexão do sistema de geração própria da unidade consumidora ao sistema da Copel será efetuada pelo disjuntor e/ou contator de interligação (COPEL, 2011);
- O responsável técnico da instalação com geração própria deverá elaborar os estudos de proteção completos, contando com os cálculos de curtos circuitos, coordenação e seletividade das proteções envolvidas, dimensionamento e parametrização de todos os

¹Em regime de *peak shaving*, o grupo gerador permanece em paralelo com a rede suprindo a energia que exceder à demanda prefixada para a rede (PEREIRA, 2020).

²No caso do grupo gerador ser utilizado em paralelo com a rede para geração de potência reativa (KVAR), o sistema de controle deverá ser programado para operar sob fator de potência constante e fazer variar a excitação do alternador, gerando mais ou menos potência reativa (PEREIRA, 2020).

equipamentos envolvidos, bem como, apresentação de todos os coordenogramas com os traçados das curvas dos equipamentos de proteção, tanto das unidades com Geração como da interligação com o sistema Copel, com a respectiva ART, com Título Estudos de Proteção, os quais deverão ser apresentados para análise da Copel. Os coordenogramas deverão ser traçados em papel log-log no formato padrão da COPEL. Deverá ser encaminhada 1 cópia impressa de toda a documentação e/ou o arquivo em meio eletrônico dos Estudos de Proteção completos (Word, Microstation, Autocad). Deverá ser solicitado à Copel, os níveis de curto circuito no ponto de entrega, níveis de curto circuito na barra da SE Copel e tempo de religamento (COPEL, 2011);

- O responsável técnico deverá descrever como será o sistema de funcionamento (entrada e saída de operação) da geração própria quando na condição de paralelismo momentâneo e em emergência (falta de energia na rede da Copel) (COPEL, 2011);
- A instalação de sistema de geração própria em unidades consumidoras, com a possibilidade de operação em regime de paralelismo momentâneo, será liberada pela Copel, após análise de projeto para este sistema;
- O sistema de geração própria deverá ser projetado de modo a não provocar qualquer problema técnico ou de segurança ao sistema da Copel e/ou às outras unidades consumidoras (COPEL, 2011);
- A proteção dos equipamentos e sistema de geração própria da unidade consumidora é de responsabilidade do consumidor. Consequentemente, a Copel não se responsabilizará por qualquer dano, de qualquer natureza, nas instalações da unidade consumidora (COPEL, 2011).

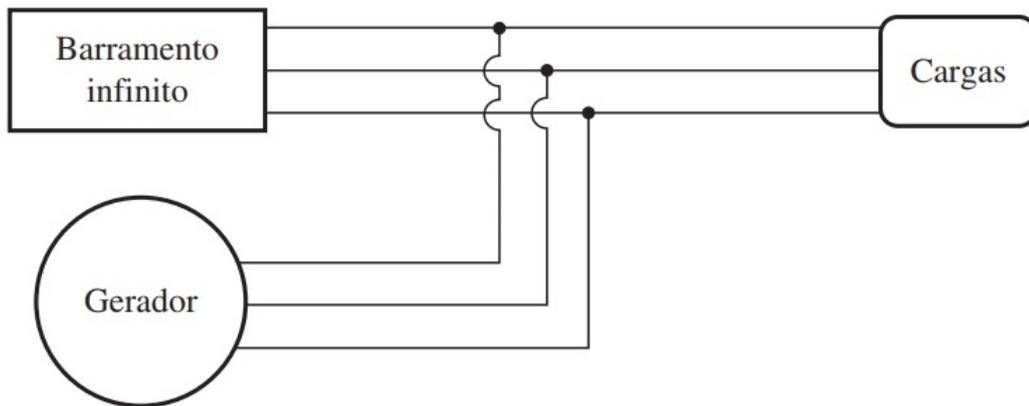
3.1.1 Paralelismo e sincronismo com a rede

Os grupos geradores podem operar como única fonte de energia elétrica (operação singela), ou na operação em paralelo na qual se insere a aplicação para este estudo de caso. Na operação em paralelo a conexão elétrica de um ou mais geradores pode ser realizada a fim de compartilhar o fornecimento de energia elétrica com a rede de energia elétrica da concessionária.

Para que um gerador possa atuar de forma automática havendo falta de energia na rede elétrica, faz-se necessário a interação entre as duas fontes de energia, operando em paralelo num mesmo barramento com sincronismo de tensão, frequência e fase. A conexão ao sistema de potência engloba o estudo do conceito chamado barramento infinito (25).

Um barramento infinito é um sistema de potência tão grande que sua tensão e sua frequência não variam, independentemente de quanta potência ativa ou reativa é retirada ou fornecida ao sistema. Quando um gerador é ligado em paralelo com outro gerador ou com um sistema de grande porte, a frequência e a tensão de terminal de todas as máquinas devem ser as mesmas, porque todos os seus condutores de saída estão ligados entre si (CHAPMAN, 2013).

Figura 25: Gerador acoplado a um barramento infinito



Fonte: Adaptado de (CHAPMAN, 2013)

Os métodos para a realização de paralelismo e sincronismo de fontes de energia devem ser fundamentados em alguma das regulamentações vigentes para que se haja uma padronização operacional. No Brasil, a ANEEL disponibiliza documentos que normatizam e padronizam as atividades técnicas no que se referem ao funcionamento e desempenho dos sistemas de distribuição de energia elétrica, os chamados PRODIST.

O objetivo é estabelecer as condições de acesso, compreendendo a conexão e o uso, ao sistema de distribuição, não abrangendo as Demais Instalações de Transmissão – DIT, e definir os critérios técnicos e operacionais, os requisitos de projeto, as informações, os dados e a implementação da conexão, aplicando-se aos novos acessantes bem como aos existentes (ANEEL, 2019).

O Gerador a ser especificado para esse trabalho deverá suprir a demanda nos horários de pico. Para isso faz-se necessário sincronizar e compatibilizar as grandezas elétricas do gerador com a rede elétrica. O acoplamento entre as duas fontes de energia por um pequeno intervalo de tempo é chamado de paralelismo momentâneo. A norma COPEL NTC 903105 define o paralelismo momentâneo como aquele cuja duração é menor ou igual a 15 (quinze) segundos.

3.1.2 Arranjo de instalação

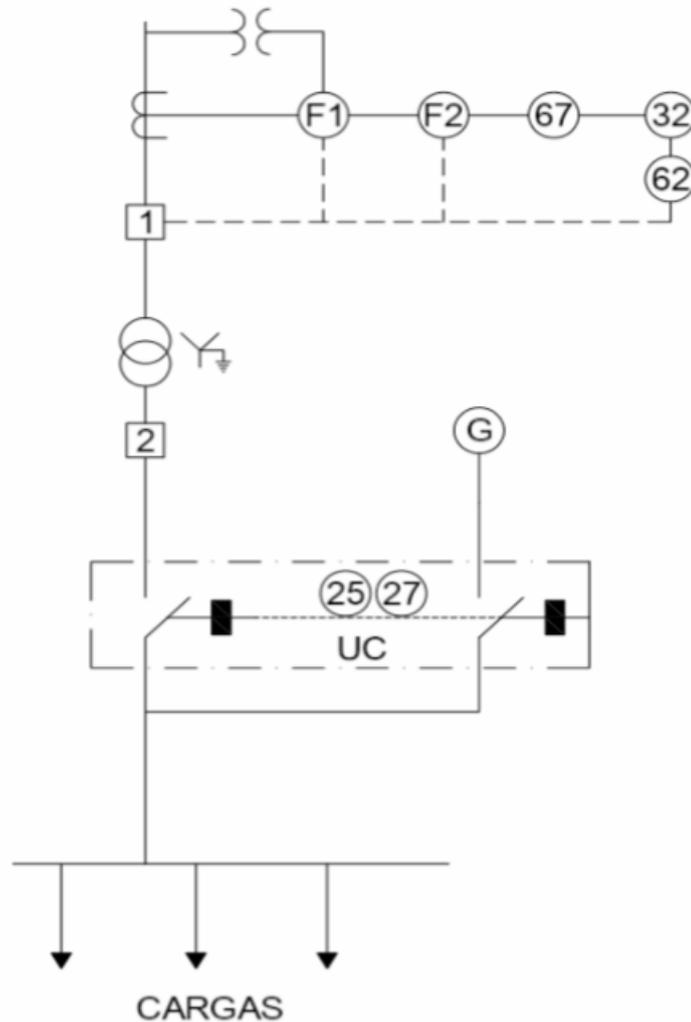
A NTC 903105 impõe algumas possibilidades de configurações e arranjos para operação em regime de paralelismo momentâneo. A alternativa da figura 26 contempla no ramal da concessionária, antes de chegar na unidade consumidora (UC).

Em um dos terminais do disjuntor 1 conecta-se:

- 1 Transformador de corrente (TC) e 1 Transformador de potencial (TP);
- Relé F1 (Função 50/51) e Relé F2 (Função 50/51 N) - Possuem funções de proteção contra sobrecorrente;
- Relé 32 - Relé direcional de potência;
- Relé 62 - Relé de interrupção ou abertura temporizada;
- Relé 67 - Relé direcional de sobrecorrente CA.

No outro terminal do disjuntor 1 conecta-se o primário do transformador (Alta Tensão) na configuração triângulo ou estrela-aterrado. O secundário do transformador (Baixa tensão) deverá ser conectado na configuração estrela-aterrado em um dos terminais do disjuntor 2, no outro terminal liga-se um dos contatos da entrada da chave de transferência, responsável pelo paralelismo na unidade consumidora (UC). No outro contato de entrada da UC conecta-se o GMG e nos contatos de saída aloca-se as cargas. Além disso, na UC deve ser instalado os componentes 25 e 27, dispositivo de verificação de sincronismo e relé de subtensão, respectivamente.

Figura 26: Método de instalação de gerador em paralelo com a rede



Fonte: NTC 903105, 2011

A escolha de um GMG com tensão nominal 380/ 220 [V] se dá por questões financeiras pois, evita-se a aquisição de um novo transformador e geradores com potência inferior a 1500 kVA ainda tem custos inferiores quando operam em baixa tensão.

3.1.3 Sistema de controle automático e proteção

A instalação do grupo gerador deve ser planejada de tal forma que possibilite paradas planejadas para manutenção e paradas de emergência e sincronismo com a rede de energia elétrica com segurança. É fundamental que se observe os itens dispostos na parte 4 ABNT NBR ISO 8528 e seja instalado um módulo de controle como o da figura (27) para comandar a chave de transferência, contadores e demais componentes elétricos a fim de oferecer ao operador a possibilidade de inserir parâmetros, operar o gerador em modo manual e até mesmo bloqueá-lo. O módulo de controle deverá oferecer condições de monitorar, sincronizar e realizar a

transferência de carga em rampa³ da rede de energia elétrica do lado da concessionária para o GMG e vice-versa. Com efeito, as manobras de transferência de carga deverão ser realizadas de forma automática.

Figura 27: Modelo de módulo de controle



Fonte: HEIMER, 2020

Em atendimento a seção 7 da ABNT NBR ISO 8528-4, anexo B da ABNT NBR ISO 8528-13 e as 4 partes da ABNT NBR 541, a instalação do grupo gerador deverá incorporar a instalação já existente no centro corporativo, considerando o tipo adequado de aterramento de neutro. Outrossim, deverá ter dispositivos proteção contra descargas atmosféricas, choque elétrico, retorno indesejado de corrente elétrica ao GMG e aos demais equipamentos.

3.2 POTÊNCIA DO GERADOR

No dimensionamento de grupos geradores é importante considerar os tipos e classificações dos sistemas de geração local como no quadro (4).

³A transferência com rampa de carga é feita sincronizando o grupo gerador com a rede e, em seguida, comandando o fechamento das chaves de paralelismo (PEREIRA, 2020).

Quadro 4: Tipos e classificação para equipamentos de geração local

Classificação	Tipos de sistema de geração de energia elétrica local
<i>Standby</i>	Emergência, <i>standby</i> legalmente exigidos, <i>standby</i> opcional.
Prime	Energia prime, corte de pico, redução de custos
Contínuo	Carga básica, co-geração

Fonte: Adaptado de (CUMMINS, 2003)

As instalações de corte de picos utilizam a geração local para reduzir ou nivelar o uso da eletricidade nos picos com o propósito de economizar dinheiro nos custos de demanda de energia. Os sistemas de corte de picos requerem um controlador que dá a partida e opera o gerador local em tempos apropriados para nivelar as demandas de pico do usuário. A geração instalada para fins de energia standby também pode ser usada para corte de picos (CUMMINS, 2003).

Um sistema simples de energia prime utiliza pelo menos dois grupos geradores e uma chave comutadora para transferir a energia para as cargas entre eles. Um dos dois grupos geradores funciona continuamente com uma carga variável e o outro serve como reserva no caso de queda de energia e também para permitir o desligamento do primeiro para a manutenção necessária. Um relógio de alternância na chave comutadora alterna para o grupo gerador principal em um intervalo predeterminado (CUMMINS, 2003).

As instalações para redução de custos utilizam a geração local conforme os contratos de preços de energia elétrica mantidos com a fornecedora dos serviços de energia. Em troca de preços de energia mais favoráveis, o usuário concorda em operar os geradores e assume uma quantidade específica de carga (kW) em períodos determinados pela concessionária, normalmente para não exceder um determinado número de horas por ano (CUMMINS, 2003).

O gerador a ser dimensionado se enquadra na classificação prime com tipo de geração corte de pico. No entanto, pode ser negociado com a concessionária possíveis mudanças no contrato a fim de adequar a fatura de energia elétrica e o gerador pode assumir os tipos energia prime ou redução de custos dentro da classificação prime.

Para o bom funcionamento dos GMGs aconselha-se seguir com rigor as diretrizes, recomendações e especificações fornecidas pelas empresas fabricantes e normas vigentes. Conforme (CUMMINS, 2003), No âmbito da classificação de energia prime, a determinação da potência efetiva é realizada considerando as categorias para potência contínua com carga variável (PCV) e potência de operação por tempo limitado (POTL). A POTL é a potência máxima disponível, de acordo com as condições de operação, intervalos e procedimentos de manutenção dados pelo fabricante, onde o GMG tem um limite de operação de até 500 horas por ano. A potência efetiva média aceitável em um período de 24 horas de operação não poderá

ultrapassar 70% da PCV.

É importante operar os grupos geradores com carga mínima suficiente para atingir temperaturas normais e queima apropriada do combustível. A Cummins *Power Generation* recomenda que um grupo gerador seja operado a pelo menos 30% da classificação indicada na plaqueta de identificação (CUMMINS, 2003).

O maior valor da demanda máxima tarifada (tabela 2 da seção 2.5 do capítulo anterior) foi de 559 [kW]. A esse valor soma-se um adicional de 15% como fator de segurança caso necessite um aumento na carga. Então, chega-se a 642,5 [kW], valor que será considerado como base para orçamento. O maior valor de demanda máxima obtida dos dados da memória de massa na figura (21) foi de 647 [kW].

Atendendo as necessidades referentes aos tipos de sistema para os geradores na classificação prime, conforme o quadro 4, aconselha-se a instalação de dois geradores em que a soma da potência efetiva desses seja superior a 642,5 [kW], visando maiores possibilidades de negociação com a concessionária de energia elétrica. Conforme (KOSOW, 1982), é vantajoso operar geradores em paralelo, pois se houver a necessidade de aumentar a demanda média do sistema, pode-se adicionar outro gerador. Além de facilitar a manutenção e manobras emergenciais, geradores em paralelo podem ser viáveis economicamente.

Atualmente, é possível encontrar vários fabricantes de GMG, cada um com suas particularidades. Um exemplo é o modelo C350D6 produzido pela Cummins, com potência nominal na classificação prime de 324 [kW] na figura 28.

Figura 28: Modelo de grupo gerador a diesel fabricado pela Cummins

Modelo	Standby		Prime		Motor Tipo	Versão Aberta Open Set			Carenado 85dB		
	kVA	kW	kVA	kW		Compr. (mm)	Larg. (mm)	Peso (Kg)	Compr. (mm)	Larg. (mm)	Peso Úmido (Kg)
C200D6	260	208	240	192	6CTAA8.3-G1	2700	1360	1820	3896	1360	2740
C225D6	281	225	NA	NA	6CTAA 8.3-G2	2700	1360	1940	3896	1360	2800
C250D6	313	250	281	225	QSL9-G5	3000	1360	2200	4200	1360	3220
C300D6	375	300	338	270	QSL9-G5	3000	1360	2560	4200	1360	3550
C350D6	450	360	405	324	NTA855-G5	3370	1500	3405	5105	1540	4620
C400D6	500	400	456	365	NTA855-G5	3370	1500	3465	5105	1540	4830
C450D6	563	450	513	410	QSX15G9	3370	1500	3930	5105	1540	5220
C500D6	625	500	569	455	QSX15G9	3370	1500	4090	5105	1540	5380
C600D6	754	603	681	545	VTA28-G5	4047	1608	5760	6000	1770	7600

Fonte: Adaptado de (CUMMINS, 2020)

3.3 CONDIÇÕES DO LOCAL DE INSTALAÇÃO

No intuito da melhor decisão sobre o sistema de ventilação para o GMG, é extremamente importante relacionar as condições que o local de instalação pode oferecer. Variáveis como temperatura, altitude e umidade relativa do ar podem comprometer a vida útil

da máquina e ocasionar maiores perdas de potência. Para o sistema de ventilação é possível optar pelas versões de geradores abertos ou fechados, de acordo com o grau de proteção IP da máquina.

Grau de proteção é o nível de proteção que um equipamento pode ter para garantir integridade contra a penetração de água, objetos estranhos que possam danificá-lo e proteção à vida. O Código IP é o sistema de codificação para referenciar os graus de proteção.

Supondo um código IP21CW para um determinado gerador, o código IP deverá ser entendido conforme a (ABNT NBR IEC 60529, 2017), da seguinte forma:

- IP = Código de proteção internacional (Obrigatório);
- 2 = Primeiro algarismo numérico: proteção contra o ingresso de objetos sólidos estranhos, inclusive as partes do corpo. O número 2 refere-se a proteção contra o ingresso de objeto sólido estranho maior ou igual a 12,5 mm de diâmetro e proteção dos dedos (os números podem variar de 0 a 6, sem proteção e poeira, respectivamente);
- 1 = Segundo algarismo numérico: proteção contra o ingresso de água com efeitos prejudiciais. O número 1 refere-se a proteção contra gotejamento (os números podem variar de 0 a 9, sem proteção e jatos de água com alta pressão e temperatura, respectivamente);
- C = Letra adicional (opcional): impede o acesso às partes perigosas com ferramentas;
- W = Letra suplementar (opcional): refere-se a condições climáticas.

Os geradores em funcionamento podem ocasionar algumas alterações indesejáveis ao local de instalação, como vibração, ruído e distorções harmônicas que precisam ser verificadas através de ensaios, para que não ocorra o desgaste precoce de peças ou danos às pessoas e ao meio ambiente.

Conforme (CUMMINS, 2003), o projeto de montagem do GMG precisa ser cuidadosamente elaborado a fim de evitar que os níveis de energia resultantes da vibração do grupo gerador sejam transmitidos para a estrutura da edificação, bem como impedir que as vibrações de outros setores que abrigam a máquina possam comprometer seu funcionamento e qualidade das peças.

A vibração de uma máquina elétrica está intimamente relacionada com a sua montagem. Essa pode ser realizada em superfícies de baixa elasticidade (montagem rígida), montada sobre coxins para isolar as vibrações (montagem resiliente), ou combinações entre a montagem rígida e resiliente (semirresiliente)./

A parte 9 da ABNT NBR ISO 8528 descreve um procedimento para medição e avaliação do comportamento da vibração mecânica externa de grupos geradores.

Antes da inclusão de grupos geradores na instalação elétrica já existente, faz-se necessário avaliar as possíveis perturbações harmônicas que poderão ocorrer realizando-se um estudo específico, a fim de mitigar as perdas nos enrolamentos, elevação de temperatura, entre outros malefícios que as componentes harmônicas na tensão e corrente poderão ocasionar, evitando-se comprometer a integridade do GMG, das fiações e demais componentes da instalação elétrica.

As distorções harmônicas são fenômenos associados a deformações nas formas de onda das tensões e correntes em relação à onda senoidal da frequência fundamental (ANEEL, 2020).

O controle do nível de potência sonora ou ruído é primordial principalmente em regiões específicas, com grande densidade populacional, envolvendo escolas e hospitais por exemplo. A (ABNT NBR IEC 60034-9, 2011) define níveis aceitáveis de pressão sonora conforme a figura 29. Os métodos de medição para a determinação de ruído aéreo emitido por grupos geradores de corrente alternada acionados por motores alternativos de combustão interna são definidos pela ABNT NBR ISO 8528. Os geradores fechados (cabinados ou carenados) possibilitam maior atenuação do ruído. A (Cummins, 2020) por exemplo, possui disponibilidade de geradores carenados com tratamento acústico (figura 30b) que podem atenuar o ruído a níveis de 85 [dB].

Figura 29: Nível de ruído em dB(A) conforme ABNT NBR IEC 60034-9, 2011

Graus de Proteção	IP22	IP44	IP22	IP44	IP22	IP44	IP22	IP44	IP22	IP44	IP22	IP44
	IP23	IP55	IP23	IP55	IP23	IP55	IP23	IP55	IP23	IP55	IP23	IP55
Velocidade Nominal (rpm)	n ≤ 960		960 < n ≤ 1320		1320 < n ≤ 1900		1900 < n ≤ 2360		2360 < n ≤ 3150		3150 < n ≤ 3750	
Potência Nominal da Máquina kW ou kVA	Nível de Potência Sonora dB(A) * Máquinas com refrigeração a água.											
1 < P ≤ 1,1	73	73	76	76	77	78	79	81	81	84	82	88
1,1 < P ≤ 2,2	74	74	78	78	81	82	83	85	85	88	86	91
2,2 < P ≤ 5,5	77	78	81	82	85	86	86	90	89	93	93	95
5,5 < P ≤ 11	81	82	85	85	88	90	90	93	93	97	97	98
11 < P ≤ 22	84	86	88	88	91	94	93	97	96	100	97	100
22 < P ≤ 37	87	90	91	91	94	98	96	100	99	102	101	102
37 < P ≤ 55	90	93	94	94	97	100	98	102	101	104	103	104
55 < P ≤ 110	93	96	97	98	100	103	101	104	103	106	105	106
110 < P ≤ 220	97	99	100	102	103	106	103	107	105	109	107	110
220 < P ≤ 550	99	102 98*	103	105 100*	106	108 102*	106	109 102*	107	111 102*	107	113 105*
550 < P ≤ 1100	101	105 100*	106	108 103*	108	111 104*	108	111 104*	109	112 104*	111	116 106*
1100 < P ≤ 2200	103	107 102*	108	110 105*	109	113 105*	109	113 105*	110	113 105*	112	118 107*
2200 < P ≤ 5500	105	109 104*	110	112 106*	110	115 106*	111	115 107*	112	115 107*	114	120 109*

Fonte: WEG, 2020

O gerador aberto (figura 30a) possui a vantagem da troca de calor das partes aquecidas com o ar ambiente. As inconveniências desse tipo de gerador estão no acúmulo de poeira e umidade sobre os componentes e restrições a jatos de água. Nos geradores fechados como em 30b são desenvolvidas carenagens com aberturas planejadas para a troca de calor com o ambiente.

Em consonância com (NBR ISO 8528-1, 2014), a instalação do gerador pode ser interna, externa com proteção contra intempérie ou ao ar livre.

Figura 30: Modelo de gerador aberto e gerador fechado

(a) Gerador aberto.



(b) Gerador fechado.



Fonte: Adaptado de (GERAFORTE, 2020)

3.4 ESPECIFICAÇÕES SOBRE O COMBUSTÍVEL

O óleo diesel é um combustível líquido derivado de petróleo, utilizado em motores ciclo Diesel (de combustão interna e ignição por compressão), composto majoritariamente por hidrocarbonetos com cadeias de 8 a 16 carbonos, podendo conter, em menor proporção, nitrogênio, enxofre e oxigênio. É formulado através da mistura de diversas correntes como gasóleos, nafta pesada, diesel leve e diesel pesado, provenientes das diversas etapas de processamento do petróleo bruto (PETROBRÁS, 2014).

O óleo diesel é o combustível mais utilizado nas máquinas primárias destinadas à geração de energia elétrica de pequeno e médio porte (MAMEDE FILHO, 2017).

Conforme (PETROBRÁS, 2014), o óleo diesel possui por um lado a classe A, quando é produzido a partir de processos de refino de petróleo e processamento de gás natural, sem adição de biodiesel e por outro, a classe B a partir da adição de biodiesel ao óleo diesel da classe A. Além disso o óleo diesel possui tipo específico para:

- Uso rodoviário: Óleo Diesel S10 - com um máximo de 10 mg/kg de enxofre total destinado a veículos homologados segundo os critérios do PROCONVE e o óleo Diesel S500 - produto com um máximo de 500 mg/kg de enxofre total (PETROBRÁS, 2014);
- Uso não rodoviário: Óleo Diesel TFM (S1800) - com teor máximo de 1800 mg/kg de enxofre, para uso em geração de energia (usinas termelétricas), transporte ferroviário e mineração a céu aberto (PETROBRÁS, 2014);
- Uso marítimo: Designado ao abastecimento de embarcações marítimas.

Para o grupo gerador para este estudo de caso pode-se utilizar óleo diesel S10,

considerando que a máquina estará em operação frequentemente, a vazio ou em carga. Entretanto, aconselha-se seguir o disposto no manual do fabricante.

De acordo com (MAMEDE FILHO, 2017), é possível observar algumas vantagens na utilização do combustível óleo diesel como: a facilidade de aquisição, estocagem e manuseio do produto, regularidade de suprimento, relativa estabilidade de preço no mercado, praticidade do transporte da base de venda até o ponto de consumo e grande conhecimento do produto pelos profissionais da área. Entre os itens desfavoráveis estão o custo de manutenção e emissões de poluentes.

Os geradores a diesel possuem resposta rápida, com partida em até 10 segundos e suportam maiores picos de carga. Porém, quanto menos carga, maior será o consumo de OD.

3.4.1 Tanque para suprimento de óleo diesel

O provimento de óleo diesel envolve dois tanques: o tanque de abastecimento que pode ser dimensionado para grande volume de combustível e o tanque de consumo diário, também chamado de tanque de serviço.

Conforme (ABNT NBR 16684, 2018), o tanque de consumo diário deve ser instalado próximo ao gerador, proporcionando o funcionamento por um período limitado de horas. A capacidade nominal máxima do tanque de consumo (tabela 3) é de 1000 litros .

De acordo com (ABNT NBR ISO 8528-12,2014), o tanque deve ser alocado próximo ao motor de combustão, onde sua borda inferior precisa estar fixada no mínimo meio metro acima do motor de combustão para se ter uma partida eficaz. Os tanques precisam ter indicação de nível, visores adequados e proteções para detecção de vazamentos e evitar que, ao abastecer o tanque se ultrapasse o limite máximo de volume. Ainda, a capacidade do tanque de combustível de serviço deve ser propiciar no mínimo 2 horas de funcionamento ao GMG na potência nominal.

Tabela 3: Capacidade nominal máxima que o tanque de consumo pode ter, em função da potência do GMG

Potência mecânica máxima em [kW]		Capacidade nominal máxima do tanque em [Litros]
De	Até	
0	100	288
101	150	360
151	250	500
Maior ou igual a 251		1000

Fonte: Adaptado de (ABNT NBR 16684-2, 2018; ABNT NBR 16684-3, 2018).

O tanque de armazenamento deve ser especificado para comportar o volume de combustível mensal por exemplo, considerando que o óleo diesel é suscetível a degradação quando estocado por longos períodos. Para especificação do tanque de armazenamento é recomendável a observação de todas as partes da ABNT NBR 17505 sobre armazenamento de líquidos inflamáveis e combustíveis, entre outras normas vigentes, de acordo com as necessidades do projeto.

Os tanques devem ter bacia de contenção (figura 31) dimensionada para absorver possíveis vazamentos e proteção contra descargas atmosféricas. Também, para limitar a possibilidade de acidentes e garantir maior eficácia na transferência do combustível ao sistema, recomenda-se um sistema de controle automático entre os tanques, incluindo o GMG. Além disso, os tanques podem ser instalados de dois tipos básicos: aéreo ou enterrado, porém independente do tipo escolhido, o local onde os tanques são instalados ficará sujeito a probabilidade de formação de atmosfera explosiva, tornando-se uma área classificada.

Figura 31: Modelo de tanque com bacia de contenção



Fonte: Adaptado de (SEUPOSTO, 2020)

Conforme (ABNT NBR IEC 60079-0, 2013), área classificada é aquela que abrange um espaço que pode conter ou contém uma atmosfera explosiva, onde há necessidade de condições especiais a serem seguidas.

Para a escolha do tipo ideal de tanque e mais características inerentes a instalação, é altamente recomendável a todos os profissionais envolvidos na instalação, operação e manutenção do gerador a capacitação nas NR-16 sobre atividades e operações perigosas e a NR-20 referente a segurança e saúde no trabalho com inflamáveis e combustíveis, além da compreensão da NBR 15461 e as demais normas já citadas, abrangendo outras exigências de leis estaduais e municipais, envolvendo as instruções técnicas do corpo de bombeiros.

3.4.2 Emissões de gases poluentes

Os geradores a OD estão sujeitos a restrições impostas por normas responsáveis pelo controle de emissão de poluentes oriundos do escape dos motores. Segundo a (CUMMINS, 2003), emissões típicas de escape de motores diesel para grupos geradores com potência entre 40 e 2000 kW sem tratamento dos gases de escape são:

- Hidrocarbonetos (HC) não queimados = 0,1 - 0,7 [g/ bgp-hr];
- Óxidos de Nitrogênio (NO_x) como NO₂ = 6,0 – 13,0 [g/ bgp-hr];
- Monóxido de Carbono (CO) = 0,5 – 2,0 [g/ bgp-hr];
- Partículas de Materiais (PM) = 0,25 – 0,5 [g/ bgp-hr];
- Dióxido de Enxofre (SO₂) = 0,5 – 0,7 [g/ bgp-hr].

No Brasil os veículos pesados utilizam, predominantemente, motores a diesel. Devido a isso, além das normas que envolvem o óleo diesel, devem ser seguidas as resoluções do CONAMA que estabelecem exigências, promovendo melhoria das características técnicas dos combustíveis líquidos e redução a emissão de poluentes. Um exemplo disso é o programa de controle de poluição do ar por veículos automotores (PROCONVE)⁴, instituído pela resolução CONAMA nº 18/ 1986 e coordenado pelo IBAMA, com várias fases restritivas no que se refere a emissão de poluentes no ar.

Entre as normas pertinentes ao óleo diesel, a (NBR 14489, 2000) trata a análise e determinação dos gases e do material particulado emitidos por motores do ciclo diesel e a (ABNT NBR 6016, 2015) especifica o método de avaliação do teor de fuligem no gás de escapamento de motor alternativo de combustão interna ciclo diesel. Alguns fabricantes de geradores seguem as certificações impostas por órgãos internacionais como a Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (EPA).

⁴As fases P7 e P8 do PROCONVE são as mais recentes, descritas nas resoluções CONAMA nº403/ 2008 e nº490/ 2018, impõem maior rigor no controle sobre as emissões de poluentes.

3.5 ANÁLISE DE CUSTOS

A implantação de um sistema de geração própria exige um investimento financeiro elevado. Esse requer comparação com o quanto de tempo será necessário para quitar o investimento e a partir de quando será possível obter a desejável vantagem. O resgate dos valores investidos na aquisição de um bem pode demorar anos e deve se ponderar a possibilidade de determinado projeto não ser viável, tendo em vista a depreciação por exemplo, em comparação com o investimento do recurso financeiro disponível de outras formas, tal como poupança, mercado de ações e fundos de investimentos. Esta seção apresenta uma síntese de custos na aquisição do GMG e viabilidade financeira, com base fundamentada, principalmente, nos dados das seções 2.4, 2.5 e 3.2.

3.5.1 Custos de instalação

Embora a demanda máxima no horário de ponta seja inferior a 400 [kW], a potência do sistema de geração própria deverá ser suficiente para assumir toda a carga nos momentos de rampa, ou seja na transição entre rede da concessionária e GMG ou vice-versa, proporcionando maior segurança para a instalação e facilitando a manutenção. Com isso, estabeleceu-se a premissa de que o sistema de geração própria poderá ser instalado conforme o orçamento da figura 32 e anexo B, deverá ser capaz de atender a demanda máxima contratada pelo centro corporativo, atualmente de 720 [kW].

Figura 32: Proposta para instalação de 2 grupos geradores modelo C400D6

ITEM	DESCRIÇÃO	PREÇO (R\$)
Grupo Gerador C400 D6 Automático	Inclui dois grupos geradores modelo C400D6 , potência de 500/456 kVA , base, 380/220 Vac , alternador com raio de ação ilimitado, gerenciador mecânico do motor, pré-aquecimento, sistema de resfriamento adequado ao uso à temperatura ambiente e acessórios (duas baterias 150 A/h e manuais).	R\$528.000,00
Painel de Controle e Sincronismo PCC3.3	Composto por um sistema de controle microprocessado para o grupo gerador, este que é responsável pelo sistema de proteção e sincronismo do grupo gerador.	
Painel de Transferência Automático	Inclui um quadro de controle microprocessado responsável por supervisionar o grupo gerador, rede e transferência automática RAMPa que está composto por um par de disjuntores motorizados de 2500A . Painel certificado. Barramento de paralelismo para até 3x Grupos Geradores de 500KVA.	
Carenagem Atenuada	Um sistema de carenagem atenuada para cada Grupo Gerador, pronta para aplicação e instalação ao tempo, dimensionada para 85 dB(A) a 1,5 metros.	
R.E.V.	Inclui um Regulador Eletrônico de Velocidade para cada Grupo Gerador, com a função de garantir a rotação do motor diesel em 1.800 RPM e estabilidade da frequência em 60 Hz.	
Disjuntor Proteção Manual	Inclui um disjuntor de motorizado de 800A para cada Grupo Gerador.	
Sensor nível	Inclui um sensor de nível da água para cada Grupo Gerador.	
Tanque sub-base	Inclui um tanque de combustível sub-base de 500L para cada Grupo Gerador	
Garantia	Inclui Garantia de 12 meses sem ônus.	
Torneira Bóia	Inclui uma torneira bóia para cada Grupo Gerador	
PMG	Inclui um Gerador Imã Permanente para cada Grupo Gerador.	
TOTAL	Quinhentos e Vinte e Oito Mil Reais.	R\$528.000,00

"Preço inclui ICMS de 12%", IPI é isento"

Estamos considerando que o cliente é contribuinte de ICMS e portador de IE.

Fonte: GOELZER, 2020

O consumo de combustível dos GMGs (AnexoA) varia de acordo com a carga aplicada aos GMGs, P_{nG} igual a 365[kW] cada um na classificação prime, da seguinte forma:

- $0,25 \cdot P_{nG} =$ Consumo de 40 [litros/h];
- $0,50 \cdot P_{nG} =$ Consumo de 58 [litros/h];
- $0,75 \cdot P_{nG} =$ Consumo de 78 [litros/h];
- $1 \cdot P_{nG} =$ Consumo de 99 [litros/h].

Visando a obtenção do volume de combustível mensal necessário no tanque de armazenamento para os 2 grupos geradores, calcula-se o fator de operação conforme a equação (16), dividindo-se a $Dmed_{PT}$ obtida na seção 2.5 de 203,26 [kW] pela soma das potências nominais dos GMGs que é de 730 [kW], obtêm-se o F_{op} de $\approx 0,2784$.

$$F_{op} = \left(\frac{D_{med_{PT}} [kW]}{(P_{G1} + P_{G2}) [kW]} \right) \quad (16)$$

Logo, pode-se dizer que o consumo de OD para atender a demanda no horário PT em regime normal será de 40 a 45 [litros/ h]. No entanto, em condições de rampa entre outras operações temporárias, os grupos geradores deverão assumir toda a carga. Então, decidiu-se considerar um F_{op} igual a 0,50, onde o consumo será de 58 [litros/ h]. Multiplicando as 66 horas PT mensais por 58 têm-se a capacidade nominal para o tanque de armazenamento igual a 3828 [litros/ mês]. Visando atender, principalmente, as possíveis variações no consumo decidiu-se orçar um tanque de armazenamento com capacidade efetiva de 5000 litros conforme anexo C. Para o item 3 da tabela 4 estimou-se o custo com tubulação, bomba de transferência automática aos dois geradores. No item 4 considera-se hastes de aterramento, grades de proteção, extintores, por exemplo.

Tabela 4: Custos de instalação do tanque de armazenamento

ÍTEM	QTDE	DESCRIÇÃO	PREÇO [R\$]
1	1	Tanque de armazenamento - 5000 litros (TB, 2020)	6.750,00
2	1	Bacia de contenção - 5500 litros (TB, 2020)	5.000,00
3	1	Sistema automático de transferência de OD (valor estimado)	8.500,00
4	1	Sistema Proteção e segurança para o tanque de armazenamento (valor estimado)	7.000,00
Total			27.250,00

Fonte: Elaborado pelo autor.

Não foi disponibilizado para este estudo de caso as informações sobre a sala onde serão instalados os geradores e local para instalação do tanque de armazenamento, principalmente devido as restrições atreladas a pandemia de Covid-19. Para o estudo, desconsiderou-se a eventual necessidade de aquecimento das tubulações de combustível.

Os valores referentes a mão de obra incluem áreas profissionais específicas como as engenharias em automação, civil, elétrica e mecânica. Estima-se um acréscimo de R\$ 150.000,00 para a mão de obra.

3.5.2 Custos operacionais

No cálculo dos custos operacionais para o sistema de geração própria, serão englobados o preço do óleo diesel e o custo aproximado com manutenção.

Os preços dos combustíveis oscilam bastante em todas as regiões do Brasil. Conforme (ANP, 2020), em agosto de 2020 o preço médio de OD tipo S10 praticado é de R\$3,189 por litro. Multiplicando o consumo previsto de 3828 litros por R\$3,189 chega-se a R\$ 12.207,49 ao mês para aquisição de óleo diesel.

Na manutenção preventiva em que se realiza, semestralmente ou 500 horas de operação (seguir instruções do fabricante), a troca de óleo lubrificante, filtros de ar, óleo e combustível, reaperto e lubrificação nos dois geradores por assistência técnica especializada. Podem ocorrer algum tipo de manutenção corretiva ou preditiva com o decorrer do tempo, então, presume-se um gasto anual de R\$ 7.000,00 com manutenção.

3.6 VIABILIDADE FINANCEIRA

Obtidos os custos de instalação (imediatos) e os custos operacionais (tabela 4), com valores aproximados de R\$ 705.250,00 e R\$ 153.489,88 [a.a] respectivamente, faz-se necessário avaliar a viabilidade financeira para a concretização do projeto.

Os cálculos para decidir sobre a efetivação do projeto não incluem as outras possíveis operações que os grupos geradores orçados poderão realizar, além do horário de ponta.

Conforme (MOTORMAC, 2020), a vida útil dos grupos geradores a diesel é longa. É dependente da realização das manutenções periódicas, entre outros fatores. Para esse trabalho, presume-se que o sistema a ser instalado funcionará em boas condições nos próximos 20 anos a partir da data de instalação.

Tabela 5: Resumo dos custos de instalação e operação do sistema de geração própria

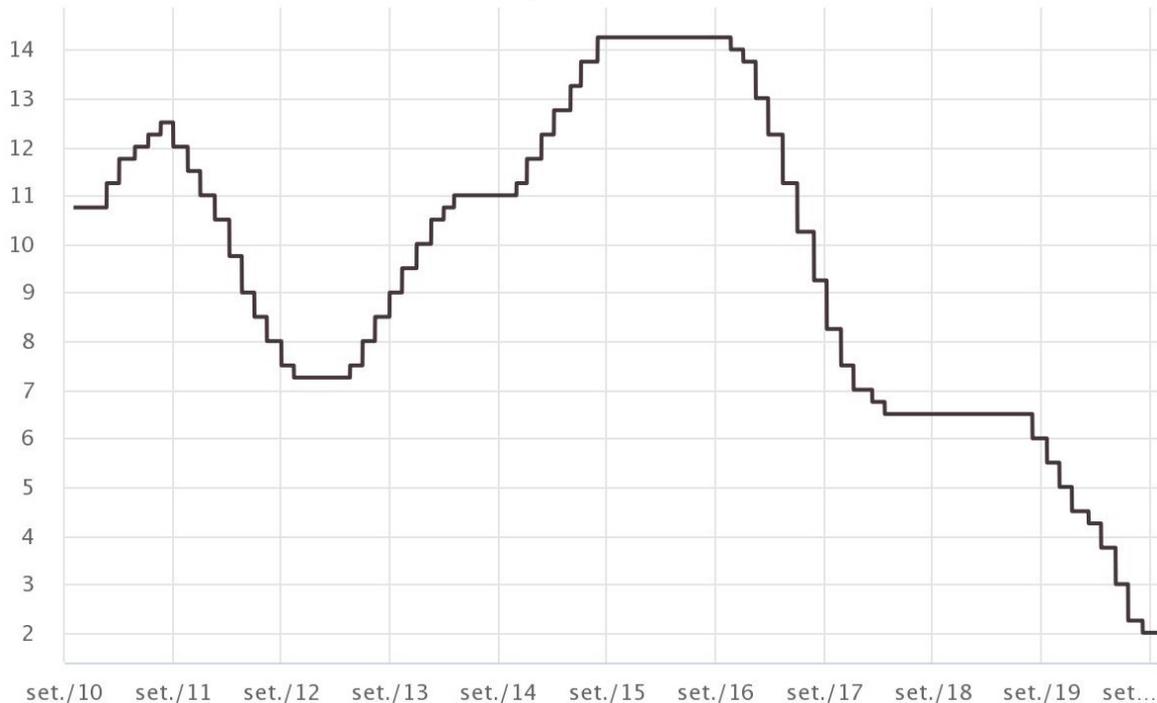
CUSTOS DE INSTALAÇÃO	VALOR [R\$]
Grupos Geradores	528.000,00
Tanque de armazenamento	27.250,00
Mão de obra	150.000,00
TOTAL	705.250,00
CUSTOS OPERACIONAIS [a.a]	VALOR [R\$]
Óleo diesel	146.489,88
Manutenção	7.000,00
TOTAL	153.489,88

Fonte: Elaborado pelo autor.

O cenário econômico atípico, a nível mundial, em 2020 tem exigido esforços e reavaliações constantes para tomadas de decisões sobre investimentos ou empréstimos de

dinheiro. No Brasil, conforme (BCB, 2020), a taxa de juros Selic (figura 33) está com uma meta em torno de 2%[a.a], o que torna pouco atrativa a decisão de investimentos e favorece a aquisição de empréstimos com juros menores.

Figura 33: Meta para a taxa Selic [% a.a]



Fonte: BCB, 2020

Conjecturando que o centro comercial possui o montante de dinheiro em caixa, faz-se necessário estimar a TMA para dois casos distintos:

- I. Retorno mínimo esperado caso se decida aplicar o montante em caixa em fundos de investimento (tabela 6);
- II. Máximo que o centro comercial se propõe a pagar ao realizar um financiamento (tabela 7).

Na TMA estão intrínsecos alguns componentes como:

- ▷ Custo de oportunidade (caso a opção seja por aplicar o dinheiro);
- ▷ Custo do capital (caso a opção seja de realização de empréstimo financeiro);
- ▷ Risco do negócio;
- ▷ Prêmio pela liquidez;

▷ Inflação.

De acordo com (BCB, 2020), estabeleceu-se a projeção de inflação com base nas expectativas de mercado para o IPCA anual de 3,63 %. Simulando em (BNDS, 2020) e considerando a taxa de remuneração mínima para o agente financeiro em 3%, obteve-se o custo do capital de 5,84% na tabela 7.

Tabela 6: TMA para o caso I

COMPONENTES	TAXA [%]
Custo de oportunidade (taxa Selic)	2
Risco do negócio (estimado)	5
Prêmio pela liquidez (estimado)	5
Projeção da inflação (BCB, 2020)	3,63
TMA	13,63

Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 7: TMA para o caso II

COMPONENTES	TAXA [%]
Custo do Capital (BNDS, 2020)	5,84
Risco do negócio (estimado)	5
Prêmio pela liquidez (estimado)	5
Projeção de inflação (BCB, 2020)	3,63
TMA	19,47

Fonte: Elaborado pelo autor.

Examinando os valores recolhidos pela concessionária referentes ao consumo no horário de pico para o período descrito na tabela 2 da seção 2.5, chegou-se a R\$268.197,04, ilustrado em (34).

Figura 34: Valor pago pelo consumo entre maio/ 2019 a abril/ 2020

Mês	Valor faturado PT [R\$]
abr/20	21.751,17
mar/20	20.860,64
fev/20	23.992,28
jan/20	21.553,53
dez/19	21.150,07
nov/19	25.842,82
out/19	24.098,10
set/19	22.878,55
ago/19	24.320,59
jul/19	17.294,93
jun/19	22.285,99
mai/19	22.168,37
Total:	268.197,04

Fonte: Elaborado pelo autor.

De posse dos custos aproximados, do possível ganho financeiro [a.a] e da TMA, realiza-se a análise da diferença entre a receita e despesas (fluxo de caixa (FC) nominal e descontado com TMA = 13,63%), conforme a equação 17 e tabela 8.

$$FCD [R\$ a.a] = \frac{FCN}{(1 + TMA)^n}, \text{ com 'n' em anos.} \quad (17)$$

Somando-se os valores presentes das entradas de caixa menos a soma dos valores presentes das saídas de caixa têm-se o indicador VPL. Caso esse seja maior ou igual a zero aconselha-se prosseguir com o projeto, caso contrário, o projeto não é viável. Então, ao realizar a soma algébrica dos valores do FCD na tabela 8 chega-se a R\$ 155.575,48.

Utilizando o indicador TIR obtêm-se o valor da taxa de juros que zera o VPL. Esse valor pode ser calculado através da função TIR (todos os valores do FCN) no *microsoft office excel*, onde o FCN é a a coluna do fluxo de caixa nominal na tabela 8, resultando em uma TIR de 18,67% [a.a], ou seja, não é conveniente a realização de empréstimo com valor superior a TIR, tornando inviável o caso II visto anteriormente, onde a TMA é de 19,47%.

Outrossim, calculando o retorno sobre investimento (ROI — equação 18), é possível saber o quão rentável será o projeto no período estipulado. O ROI para a implantação do sistema de geração própria é de 29,94% a mais do que o valor investido.

$$ROI = \frac{\text{Retorno} - \text{Investimento}}{\text{Investimento}} \quad (18)$$

Tabela 8: Fluxo de caixa

n	CI (-)	CO (-)	Redução na TE (+)	FCN	FCD
0	R\$ 705.250,00	R\$ 153.489,88	R\$ 268.197,04	-R\$ 590.542,84	-R\$ 519.706,80
1		R\$ 153.489,88	R\$ 268.197,04	R\$ 114.707,16	R\$ 88.839,17
2		R\$ 153.489,88	R\$ 268.197,04	R\$ 114.707,16	R\$ 78.182,85
3		R\$ 153.489,88	R\$ 268.197,04	R\$ 114.707,16	R\$ 68.804,76
4		R\$ 153.489,88	R\$ 268.197,04	R\$ 114.707,16	R\$ 60.551,58
5		R\$ 153.489,88	R\$ 268.197,04	R\$ 114.707,16	R\$ 53.288,38
6		R\$ 153.489,88	R\$ 268.197,04	R\$ 114.707,16	R\$ 46.896,40
7		R\$ 153.489,88	R\$ 268.197,04	R\$ 114.707,16	R\$ 41.271,14
8		R\$ 153.489,88	R\$ 268.197,04	R\$ 114.707,16	R\$ 36.320,64
9		R\$ 153.489,88	R\$ 268.197,04	R\$ 114.707,16	R\$ 31.963,95
10		R\$ 153.489,88	R\$ 268.197,04	R\$ 114.707,16	R\$ 28.129,85
11		R\$ 153.489,88	R\$ 268.197,04	R\$ 114.707,16	R\$ 24.755,66
12		R\$ 153.489,88	R\$ 268.197,04	R\$ 114.707,16	R\$ 21.786,20
13		R\$ 153.489,88	R\$ 268.197,04	R\$ 114.707,16	R\$ 19.172,93
14		R\$ 153.489,88	R\$ 268.197,04	R\$ 114.707,16	R\$ 16.873,12
15		R\$ 153.489,88	R\$ 268.197,04	R\$ 114.707,16	R\$ 14.849,18
16		R\$ 153.489,88	R\$ 268.197,04	R\$ 114.707,16	R\$ 13.068,01
17		R\$ 153.489,88	R\$ 268.197,04	R\$ 114.707,16	R\$ 11.500,49
18		R\$ 153.489,88	R\$ 268.197,04	R\$ 114.707,16	R\$ 10.121,00
19		R\$ 153.489,88	R\$ 268.197,04	R\$ 114.707,16	R\$ 8.906,98
				VPL =	R\$ 155.575,48

Fonte: Elaborado pelo autor.

Além do indicador VPL que auxilia na tomada de decisão antes de investir no projeto, utiliza-se os indicadores *Payback* simples e *Payback* descontado para ter noção de quanto tempo será necessário para recuperar o capital investido. No *Payback* descontado está intrínseco a desvalorização da moeda, o que dá maior relevância na decisão sobre a viabilidade do projeto, em comparação com o *Payback* simples.

Conforme a tabela da figura 35, o valor do *Payback* descontado no primeiro ano é o mesmo do FCD. O valor do *Payback* descontado no segundo ano é a soma algébrica do seu

respectivo FCD e o *Payback* descontado do ano anterior e assim sucessivamente. O *Payback* é igual a 10 anos e 5 meses, de acordo com a equação 19.

$$\begin{aligned} \text{Payback descontado} = & (\text{último ano com valor negativo}) + \\ & + (|\text{Saldo do último ano com valor negativo}|) / (\text{FCD do ano seguinte}) \end{aligned} \quad (19)$$

Figura 35: *Payback* simples e *Payback* descontado

Ano	Payback Simples	Payback descontado
1	-R\$ 590.542,84	-R\$ 519.706,80
2	-R\$ 475.835,68	-R\$ 430.867,63
3	-R\$ 361.128,52	-R\$ 352.684,78
4	-R\$ 246.421,36	-R\$ 283.880,01
5	-R\$ 131.714,20	-R\$ 223.328,43
6	-R\$ 17.007,04	-R\$ 170.040,06
7	R\$ 97.700,12	-R\$ 123.143,66
8	R\$ 212.407,28	-R\$ 81.872,52
9	R\$ 327.114,44	-R\$ 45.551,88
10	R\$ 441.821,60	-R\$ 13.587,93
11	R\$ 556.528,76	R\$ 14.541,92
12	R\$ 671.235,92	R\$ 39.297,58
13	R\$ 785.943,08	R\$ 61.083,78
14	R\$ 900.650,24	R\$ 80.256,71
15	R\$ 1.015.357,40	R\$ 97.129,83
16	R\$ 1.130.064,56	R\$ 111.979,01
17	R\$ 1.244.771,72	R\$ 125.047,01
18	R\$ 1.359.478,88	R\$ 136.547,51
19	R\$ 1.474.186,04	R\$ 146.668,51
20	R\$ 1.588.893,20	R\$ 155.575,48

Fonte: Elaborado pelo autor.

Finalizando a análise financeira, conforme a figura 9 com TMA de 13,63%, pode-se afirmar que é viável a instalação dos grupos geradores.

Tabela 9: Resultado da Análise financeira

INDICADOR	RESULTADO	STATUS
VPL	R\$ 155.575,48	Viável
TIR	18,67% [a.a]	Viável
ROI	29,94 [%]	Viável
Payback Descontado	10 anos e 5 meses	Viável

Fonte: Elaborado pelo autor.

4 CONCLUSÕES

A matriz energética predominantemente hídrica no Brasil, torna o setor energético do país dependente das chuvas em períodos regulares, para abastecer os rios e conseqüentemente os reservatórios das usinas hidrelétricas. No entanto, tem sido constante os períodos de estiagem cada vez maiores, fazendo com que as usinas térmicas sejam acionadas para evitar o colapso no suprimento de energia elétrica. Conseqüência disso, são as altas nas tarifas que afetam a saúde financeira dos consumidores. Assim, é essencial o fomento de alternativas de geração própria para suprir a demanda, principalmente nos horários de pico, onde o custo é mais elevado.

Este estudo de caso demonstrou-se favorável a instalação de geradores de energia elétrica a diesel para suprir a demanda no horário de ponta em um centro comercial. O sistema de geração própria a diesel a ser instalado deverá assumir toda a carga nos horários de pico, ou seja, o centro comercial evitará de pagar os altos valores pelo consumo de energia elétrica no horário de ponta, em média 13.415,42 [kWh] conforme a tabela 2, bem como as altas tarifas de uso do sistema de distribuição. Com isso, também haverá alterações satisfatórias na curva de carga, possibilitando reduzir o valor da demanda contratada atual de 720 [kW], obtendo-se maior redução no valor da TE.

Utilizando a TMA de 13,63% (tabela 6), os indicadores *Payback*, ROI, TIR e VPL demonstraram ser viável a instalação dos GMGs. Todavia, a restrição está no caso da necessidade de realização de empréstimo financeiro para concretização do projeto, onde os juros anuais não podem exceder a TIR de 18,67%. Através do indicador *Payback* descontado na figura 35, os custos de instalação do projeto serão quitados em 10 anos e 5 meses. Ao se transcorrerem 20 anos após a instalação, o VPL será de R\$ 155.575,48 de acordo com a tabela 8.

As dificuldades na elaboração do estudo englobam a restrição nas informações confidenciais sobre o local de instalação para os GMGs e demais detalhes sobre os itens já estão instalados no centro comercial, como transformadores e outros componentes.

Como sugestão para trabalhos futuros, é importante se fazer um estudo específico sobre as possíveis distorções harmônicas ao se incluir um grupo de geradores na instalação já existente. Além disso, pode-se fazer estudos substituindo o óleo diesel por outra fonte de

energia para geração que não seja combustível fóssil.

A elaboração deste trabalho propiciou grande conhecimento em dimensionamento de equipamentos, análise financeira, faturas de energia e melhor relacionamento interpessoal, envolvendo professores, alunos e profissionais de empresas privadas, agregando experiência para a futura função profissional. Outrossim, foi possível associar conceitos de várias disciplinas que compõem a matriz curricular do curso de engenharia elétrica.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA - ANEEL. **PRODIST módulo 3 e módulo 8.** Disponível em: <https://www.aneel.gov.br/modulo-3>

Acessado em: 08/04/2020.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA - ANEEL. **PRORET módulo 6 submódulo 6.8.** Bandeiras Tarifárias.

Disponível em: <https://www.aneel.gov.br/proret-submodulos/>

[/asset_publisher/9GaPoqtd9GK/content/submodulo - 6 - 8/654800?inheritRedirect = false&redirect =](https://www.aneel.gov.br/proret-submodulos/-/asset_publisher/9GaPoqtd9GK/content/submodulo-6-8/654800?inheritRedirect=false&redirect=true)

[http%3A%2F%2Fwww.aneel.gov.br%2Fproret - submodulos%3Fp_pid%3D101_INSTANCE%3GAPoqtd9GK%26p_plifecycle%3D0%26p_state%3Dnormal%26p_mode%3Dview%26p_col_id%3Dcolumn - 2%26p_col_count%3D1](http://www.aneel.gov.br/proret-submodulos/%3Fp_pid%3D101_INSTANCE%3GAPoqtd9GK%26p_plifecycle%3D0%26p_state%3Dnormal%26p_mode%3Dview%26p_col_id%3Dcolumn-2%26p_col_count%3D1)

Acessado em: 20/08/2020.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA - ANEEL. **Tarifas Consumidores 2016.** Disponível em: [http://www.aneel.gov.br/tarifas- consumidores/-/asset_publisher/e2INtBH4EC4e/content/bandeiratarifaria/654800? inheritRedirect = false](http://www.aneel.gov.br/tarifas-consumidores/-/asset_publisher/e2INtBH4EC4e/content/bandeiratarifaria/654800?inheritRedirect=false)

Acessado em: 23/04/2019.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA - ANEEL. **Resolução homologatória Nº 2704, 2020.** Disponível em: <http://www2.aneel.gov.br/cedoc/reh20202704ti.pdf>

Acessado em: 06/09/2020.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA - ANEEL. **Resolução normativa Nº 414, 2010.** Disponível em: <http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2010414.pdf>. 2010.

Acessado em: 21/08/2020.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA - ANEEL **Resolução normativa Nº 479, 2012.** Disponível em: <http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2012479.pdf>

Acessado em 22/08/2020.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA - ANEEL. **Resolução normativa Nº 569, 2013.** Disponível em: <http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2012479.pdf>

Acessado em 22/08/2020.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA - ANEEL **Resolução normativa nº 883/2020.** Disponível em: <http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2020883.pdf>.

Acessado em 22/08/2020.

AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E COMBUSTÍVEIS - ANP. **Preço do óleo Diesel.** Disponível em:

<http://preco.anp.gov.br/include/ResumoPorMunicipioPosto.asp>.

Acessado em: 26/08/2020.

BANCO CENTRAL DO BRASIL - BCB. **Taxa SELIC.** Disponível em: <https://www.bcb.gov.br/controleinflacao/taxaselic>

Acessado em: 30/09/2020.

BANCO CENTRAL DO BRASIL - BCB. **Boletim Focus.** Disponível em: <https://www.bcb.gov.br/publicacoes/focus>

Acessado em: 30/09/2020.

BANCO NACIONAL DO DESENVOLVIMENTO - BNDS. **Simulação para empréstimo monetário.** Disponível em: <https://www.bndes.gov.br/wps/portal/site/home/financiamento/simulador/?productCode=AOI059valorBem = 705250percentualFinanciado = 100prazoFinanciamento = 60prazoCarencia = 0spreadAgente = 5.5projecaoInflacaoAnual = 0>
Acessado em : 30/09/2020.

BERTINETI, D. P. **Levantamento da curva de capacidade de um gerador síncrono de polos salientes.**

Disponível em: https://semanaacademica.org.br/system/files/artigos/pfc_versao_artigo.pdf

Acessado em : 07/04/2020.

CAMARGO, Ivan. **Apostila Máquinas síncronas.** Disponível em: <http://www.gsep.ene.unb.br/osem/ivan/maquina/M%C1QUINAS%20S%CDNCRONAS.pdf>.
Acessado em: 18/11/2019.

CAMARGO, C. C. d. B. (1996). **Gerenciamento pelo lado da demanda.** Disponível em:

<https://repositorio.ufsc.br/xmlui/handle/123456789/157996>.

Acessado em: 04/09/2020.

CASTRO, A. C. **Apostila Máquinas Síncronas.** Disponível em: www.ifba.edu.br/PROFESSORES/castro/Sincrona.pdf.

Acessado em: 06/11/2019

CHAPMAN, S. J. **Fundamentos de máquinas elétricas. 5. ed.** Porto Alegre: AMGH, 2013.

COMPANHIA DE ELETRICIDADE DO ESTADO DA BAHIA - COELBA. **Opções Tarifárias Grupo A.** Disponível em: <http://servicos.coelba.com.br/residencial-rural/Pages/Alta%20Tens%C3%A3o/opcoes-tarifarias.aspx>

Acessado em 23/08/2020.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE - CONAMA. **Resolução normativa Nº 018, 1986 Programa de Controle de Poluição do Ar por veículos Automotores – PROCONVE.** Disponível em: <http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=41>

Acessado em: 17/09/2020.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE - CONAMA. **Resolução normativa Nº 403, 2008 PROCONVE-P7 para veículos pesados novos.** Disponível em:

<http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=591>

Acessado em 17/09/2020.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE - CONAMA. **Resolução normativa Nº 490, 2018 PROCONVE-P8 para o controle das emissões de gases poluentes e de ruído para veículos automotores pesados novos de uso rodoviário.** Disponível em: https://www.in.gov.br/materia/-/asset_publisher/Kujrw0TZC2Mb/content/id/51058898/do1-2018-11-21-resolucao-n-490-de-16-de-novembro-de-2018-51058604

Acessado em 17/09/2020.

Acessado em 17/09/2020.

COMPANHIA PARANAENSE DE ENERGIA - COPEL. **Operação em Paralelismo Momentâneo. GERAÇÃO PRÓPRIA.** NTC903105 - SCD/DMEP. Paraná, 2011.

COMPANHIA PARANAENSE DE ENERGIA - COPEL. **Leitura e Controle de Consumo.** Disponível em: <https://www.copel.com/hpcopel/root/nivel2.jsp?endereco=%2Fhpcopel%2Froot%2Fpagcopel2.nsf%2Fdocs%2FF443B4825A73F66203257EBB0046DBB9>.

Acessado em: 12/09/2020.

COMPANHIA PARANAENSE DE ENERGIA - COPEL. **Opções Tarifárias Grupo A.** Disponível em: <https://www.copel.com/hpcweb/copel-distribuicao/para-sua-empresa/demanda/>

Acessado em: 23/08/2020.

COMPANHIA PARANAENSE DE ENERGIA - COPEL. **Taxas e Tarifas.** Disponível em: <https://www.copel.com/hpcweb/copel-distribuicao/taxas-tarifas/>

Acessado em: 06/09/2020.

CUMMINS. **Catálogo de geradores a diesel.** Disponível em: www.cummins.com.br/sites/br/files/cpg002_aminadiesel.pdf

Acessado em: 12/09/2020.

CUMMINS. **Manual de aplicação grupos geradores arrefecidos a água T-030d-07, 2003.**

Disponível em: <http://www.ifam.edu.br/cms/images/file/Manual%20Gerador%20CumminsT030Portugu%C3%AAs.pdf>.

Acessado em: 07/09/2020.

DEL TORO, Vincent. **Fundamentos de Máquinas Elétricas, Rio de Janeiro, Prentice-Hall do Brasil Ltda., 1994.**

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA - EPE. **Nota Técnica DEA 001/17.** Disponível em: [http://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-245/topico-261/DEA%20001_2017%20-%20Proje%C3%A7%C3%B5es%20da%20Demanda%20de%20Energia%20Elv%C3%A9trica%202017-2026_VF\[1\].pdf](http://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-245/topico-261/DEA%20001_2017%20-%20Proje%C3%A7%C3%B5es%20da%20Demanda%20de%20Energia%20Elv%C3%A9trica%202017-2026_VF[1].pdf)

Acessado em 25/04/2019.

FERNANDES, Pablo Cravo. **Regulador Automático de Tensão: Influência do Ganho no Sistema Elétrico de Potência, 2011.** Disponível em: <http://repositorio.unifei.edu.br/xmlui/handle/123456789/1339>

Acessado em: 28/11/2019.

FITZGERALD, A. E.; KINGSLEY, Charles; UMANS, Stephen D. (Ed.). **Máquinas Elétricas: de Fitzgerald e Kingsley. 7. ed. Porto Alegre: Amgh Editora Ltda., 2014.**

GELLINGS, C. W. (1985). *The concept of demand-side management for electric utilities, Proceedings of the IEEE, 73(10), pp. 1468 - 1470.*

GERAFORTE. **Geradores abertos e cabinados.** Disponível em: <https://www.geraforte.com.br>
Acessado em: 15/09/2020.

GOELZER, Ivan. **Consultor de vendas para gerador a diesel Cummins Motormarc - Informações pelo e-mail: motormac@motormac-sc.com.br, 2020.**

HADDAD, Jamil. **Energia Elétrica: Conceitos, Qualidade e Tarifação – Rio de Janeiro, dezembro/2004.**

HEIMER, Leon S/A. **Módulo de controle eletrônico.** Disponível em: <http://www.leonheimer.com.br/v3/br/dse-8620.html>
Acessado em: 19/09/2020.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Inflação.** Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/explica/inflacao.php>
Acessado em: 01/10/2020.

INSTITUTO NACIONAL DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA - INEE. **O que é Geração Distribuída.** Disponível em: http://www.inee.org.br/forum_gera_distrib.asp.
Acessado em : 05/05/2019.

ILLUSTRATIONPRIZE. **Teoria de duas reações - Máquina síncrona de pólo saliente.** Disponível em: <https://illustrationprize.com/pt/639-two-reaction-theory-salient-pole-synchronous-machine.html>.
Acessado em: 12/11/2019.

IMPrensa NACIONAL - IN. **RESOLUÇÃO NORMATIVA Nº 883.** Disponível em: <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/resolucao-normativa-n-883-de-26-de-maio-de-2020-259412035>.
Acessado em: 20/08/2020.

KOSOW, I.L. **Máquinas elétricas e transformadores, 4 ed., Editora Globo, Rio de Janeiro, 1982.**

MAMEDE FILHO, João Mamede. **Instalações Elétricas Industriais.** 9. ed. LTC, 2017.

MOTORMAC. **Vida útil de grupos geradores.** Disponível em: <https://motormac.com.br/garanta-uma-vida-util-para-o-seu-grupo-gerador/>
Acessado em: 25/10/2020.

NBR 14489. **Motor diesel - Análise e determinação dos gases e do material particulado emitidos por motores do ciclo diesel.** Rio de Janeiro, 2000.

PEREIRA, José C. **Princípio de Funcionamento, Instalação, Operação e Manutenção de Grupos Diesel Geradores, 2009.** Disponível em: <http://www.mecanica.ufrgs.br/mmotor/apostila.pdf>.
Acessado em: 23/10/2019.

PEREIRA, José C. **Gerador operando para gerar potência reativa e regime *peak shaving*.** Disponível em: <https://www.joseclaudio.eng.br/energia/ATS>
Acessado em: 20/09/2020.

PETROBRÁS. **Óleo Diesel Informações Técnicas (versão 1.3), 2014.** Disponível em: <http://sites.petrobras.com.br/minisite/assistenciatecnica/public/downloads/diesel-manual.pdf>
Acessado em: 17/09/2020.

PINHEIRO, Hélio. **Apostila Máquinas e Acionamentos Elétricos.** Disponível em: <https://docente.ifrn.edu.br/heliopinheiro/Disciplinas/maquinas-acionamentos-eletricos/apostila-de-maquinas-de-cc>
Acessado em: 28/11/2019.

PINTO, Joel Rocha. **Apostila Máquinas Síncronas**. Disponível em: paginapessoal.utfpr.edu.br/edisonsilva/maquinas-eleticas/motor-de-inducao/ApostilaMaquinasEletricasFACENS.pdf/atdownload/file. Acessado em: 05/11/2019.

SEN, P. C. *Principles of Electric Machines and Power Electronics, Third Edition*. Wiley, 2013.

SEUPOSTO. **Ilustração de tanque de combustível com bacia de contenção**. Disponível em: <https://www.seuposto.com/tanque-aereo-para-combustivel-com-bacia-de-contencao-capacidade-1000-litro>. Acessado em: 18/09/2020.

STEMAC. **O que são Geradores, 2011**. Disponível em: <http://www.blogstemac.com.br/artigos-tecnicos/o-que-sao-grupos-geradores>. Acessado em: 03/05/2019.

TB, Tanques e Bombas. **Fornecimento de tanques de armazenamento e bacia de contenção**. Contato em: <https://tanquesebombas.com.br/contato>. Acessado em: 22/09/2020.

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: 04/05/2019.

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*

WEG. DT-5 – **Características e Especificações de Geradores**. Disponível em: <https://static.weg.net/medias/downloadcenter/h68/h68/WEG-curso-dt5-caracter-sticas-e-especifica-o-de-geradores-artigo-tecnico-portugues.pdf>. Acessado em: 16/09/2020.

WEG. **Catálogo alternadores para grupos geradores**. Disponível em: <https://www.weg.net/catalog/weg/BR/pt/Gera%C3%A7%C3%A3o%2C-Transmiss%C3%A3o-e-Distribui%C3%A7%C3%A3o/Geradores/Alternadores-para-Grupos-Geradores/Industrial/Linha-AG10/AG10250MI10AI-B15T-IP21-SAE-1-SAE-11%2C5/p/14401668>. Acessado em: 26/10/2019.

**APÊNDICE A – TERMOS UTILIZADOS PARA TARIFICAÇÃO DE ENERGIA
ELÉTRICA**

Quadro 5: Termos utilizados para tarifação de energia elétrica

TERMO	DESCRIÇÃO
Tarifa monômnia de fornecimento:	Aquela que é constituída por valor monetário aplicável unicamente ao consumo de energia elétrica ativa, obtida pela conjunção da componente de demanda de potência e de consumo de energia elétrica que compõem a tarifa binômnia.
Tarifa binômnia: de fornecimento:	Aquela que é constituída por valores monetários aplicáveis ao consumo de energia elétrica ativa e à demanda faturável;
Fator de carga:	Razão entre a demanda média e a demanda máxima da unidade consumidora ocorridas no mesmo intervalo de tempo especificado;
Fator de demanda:	Razão entre a demanda máxima num intervalo de tempo especificado
Fator de potência:	Razão entre a energia elétrica ativa e a raiz quadrada da soma dos quadrados das energias elétricas ativa e reativa, consumidas num mesmo período especificado;
Demanda:	Média das potências elétricas ativas ou reativas, solicitadas ao sistema elétrico pela parcela da carga instalada em operação na unidade consumidora, durante um intervalo de tempo especificado, expressa em quilowatts (kW) e quilovolt-ampére-reactivo (kvar), respectivamente;
Demanda contratada:	Demanda de potência ativa a ser obrigatória e continuamente disponibilizada pela distribuidora, no ponto de entrega, conforme valor e período de vigência fixados em contrato, e que deve ser integralmente paga, seja ou não utilizada durante o período de faturamento, expressa em quilowatts (kW);
Demanda Faturável:	Valor da demanda de potência ativa, considerada para fins de faturamento, com aplicação da respectiva tarifa, expressa em quilowatts (kW);
Demanda medida:	Maior demanda de potência ativa, verificada por medição, integralizada em intervalos de 15 (quinze) minutos durante o período de faturamento;
Período úmido:	Período de 5 (cinco) ciclos de faturamento consecutivos, referente aos meses de dezembro de um ano a abril do ano seguinte;
Período Seco:	período de 7 (sete) ciclos de faturamentos consecutivos, referente aos meses de maio a novembro;
Modalidade tarifária:	Conjunto de tarifas aplicáveis às componentes de consumo de Energia elétrica e demanda de potência ativas

Fonte: Adaptado de (Aneel, 2010)

**ANEXO A – ESPECIFICAÇÕES ADICIONAIS SOBRE O GRUPO GERADOR A
DIESEL CUMMINS MODELO C400D6**

Grupos Geradores acionados por Motor Diesel



C400D6

Nossa energia trabalhando por você.™



Características do Grupo Gerador

Motor Diesel Cummins arrefecido a água.
Filtro de óleo e de combustível separador de água e válvula de dreno do óleo lubrificante incorporados.
Motor de partida elétrico e alternador em 24 Vcc.
Governador eletrônico.
Filtro de ar para trabalhos normais.
Alternador com enrolamento único.
Bateria montada na base do grupo gerador.
Motor, Alternador, Chassis e Painel de Comando na cor: Verde Munsell Jade.
Radiador e Proteção na cor: Preto.
Embalagem em filme plástico retrátil.
Manual de Operação e Manutenção.
Etiqueta Padrão.
Tanque incorporado na base do grupo gerador.

PMG (Gerador Ímã Permanente)

Fornecer energia ao regulador eletrônico de tensão independente da tensão de saída do alternador. Permite com isso melhor desempenho na partida de motores e melhor efeito de harmônicas induzidas por cargas não lineares

Garantia Standard

Garantia de 2 anos (Standby) ou 1 ano (Prime)

Escapamento

Silencioso - Industrial 9 dB(A)
Silencioso - Hospitalar 29 dB(A)

Garantia

Garantia estendida de 5 anos (Standby).
Garantia estendida de 2 anos ou 6000 horas (Prime)

Performance do Grupo Gerador

Regulação de Tensão

Tensão de saída com variação de $\pm 1,0\%$ será mantida nas seguintes condições:
1. Fator de potência entre 0,8 e 1,0.
2. Com qualquer nível de carga entre vazio e plena carga.
3. Com queda de rotação de até 4,5%.

Regulagem de Frequência

Isócrona sob cargas variáveis entre vazio e plena carga

Varição Aleatória de Frequência

Não deve exceder a $\pm 0,25\%$ de seu valor nominal para cargas constantes entre vazio e plena carga.

Conforme Normas

To BS4999/5000 pt 99,
VDE 0530, UTE5100,
NEMA MG1-22, CEMA,
IEC 34, CSA A22.2,
AS1359, BSS 5514,
ISO 3046 e ISO 8528

Opções do Grupo Gerador

Opcionais

Pré-Aquecimento.
Carregador de Baterias.
Chave de Transferência - GTEC.
Carenagem Silenciada.
Carenagem Super Silenciada.
Tanque externo.

Especificações do Alternador

Tipo

Rolamento único, sem escovas, campo rotativo, 4 pólos, tela de proteção a prova de gotejamento.
Classe de Isolação H, Grau de Proteção IP 23
Impregnação a vácuo.
Sistema de Arrefecimento IC 01.
Enrolamento de amortecimento totalmente interconectado.
Excitatriz de CA e unidade retificadora rotativa.
Enrolamento do estator com revestimento Epoxy.
Rotor e excitatriz impregnados com resina de poliéster adequada ao clima tropical, resistente a óleo e ácidos.
Rotor balanceado dinamicamente BS 5625 grau 2,5.
Rotor enrolado em camadas e com cunha mecânica.
Rolamento blindado, com lubrificante permanente.

Excitatriz

Submersão tripla em verniz de poliéster resistente a óleo e revestido com verniz anti-rasteio.

Enrolamento

Enrolamento principal com passo de 2/3 para minimizar os harmônicos e melhorar a capacidade de paralelismo.
Acoplamento do motor/alternador garante alinhamento perfeito.

Conexões de Tensão - 60Hz

480/277 V 380/220 V 220/127 V
440/254 V 240/139 V 208/120 V
416/240 V

Consumo de Combustível

Potência Nominal	Standby				Prime			
	500 kVA		400 kW		456 kVA		365 kW	
Carga Aplicada	Full	3/4	1/2	1/4	Full	3/4	1/2	1/4
Consumo (Litros / Hora)	110	84	60	36	99	78	58	40

Observação:

O motor acima foi testado de acordo com a ISO-3046 nas seguintes condições abaixo:

Pressão Barométrica = 100 kPa (29.53 in Hg)

Altitude acima do nível do mar = 110 m (316 ft)

Temperatura ambiente = 25° C (77° F)

Umidade relativa = 30%

Dados Técnicos

Modelo	C400D6	Alternador - Regulação de voltagem	± 1,0%
Potência em Standby	500 kVA / 400 kW	Alternador - Classe de isolamento	H
Potência em Prime	456 kVA / 365 kW	Grau de Proteção	IP 23
Fabricante do Motor	Cummins	Consumo de combustível a 100% de carga (Standby)	110 l/h
Modelo do Motor	NTA855-G5	Consumo de Combustível a 100% de carga (Prime)	99 l/h
Cilindros	6 cilindros	Capacidade de óleo lubrificante	38,6 l
Construção do motor	em linha	Capacidade de líquido de arrefecimento (somente o motor)	20,8 litros
Regulador de Velocidade/Classe	Eletrônico	Capacidade de líquido de arrefecimento (motor + radiador)	58 litros
Aspiração e pós-arrefecimento	Turbinado	Temperatura de escape (Standby)	535°C
Diâmetro e Curso	140 mm x 152 mm	Vazão de gases de escape (Standby)	1785 l/s
Taxa de Compressão	14,0 : 1	Contra pressão máxima de escape	76 mm Hg
Cilindrada	14 litros	Vazão de ar do radiador	9,5 m³/s
Arranque / Min °C	Não Auxiliada / -7°C	Consumo de ar para combustão	628 l/s
Capacidade da Bateria	150 A/h (2x)	Mínima abert. de entrada ar na sala	2,10 m²
Potência Bruta do Motor - Standby	451 kWm	Mínima abert. de saída de ar na sala	1,39 m²
Potência Bruta do Motor - Prime	408 kWm	Calor irradiado pelo motor (Standby)	67 kWm
Rotação	1800 rpm	Capacidade do tanque da base	500 litros

STANDBY POWER

Potência de emergência (standby) é a potência máxima que um grupo gerador é capaz de fornecer, para cargas variáveis, durante o período de interrupção do fornecimento de energia da concessionária, por um período de até 200 h por ano, conforme ISO8528.

PRIME POWER

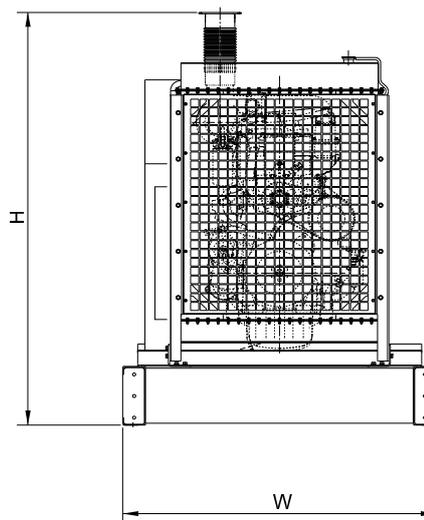
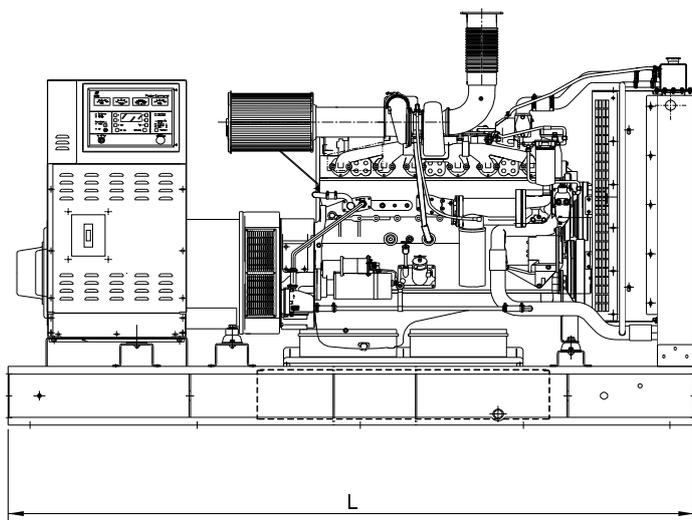
Prime power está disponível para um número ilimitado de horas anuais sob condições de carga variável, de acordo com ISO8528-1. É permitida uma capacidade de sobrecarga de 10% 1 hora a cada 12 horas de operação, de acordo com ISO 8528.

Todas as potências dos Grupos Geradores são baseadas nas seguintes condições de referência:

- Temperatura ambiente: 27°C

- Altitude acima do nível do mar: 150 metros

- Umidade relativa: 60%



Desenho meramente ilustrativo. Não utilizar para lay-out de sala.

Dimensões e Pesos

Grupo Gerador	Comprimento (mm)	Largura (mm)	Altura Máxima (mm)	Grupo Gerador Seco (kg)	Grupo Gerador Úmido ¹ (kg)
	L	W	H		
Aberto	3370	1500	2042	3463	3926
Carenagem - F187	5105	1550	2430	4605	5118
Carenagem - F188	5780	1500	2455	5551	6014

¹ Peso úmido inclui o peso total do conjunto com óleo, líquido de arrefecimento e combustível.



Cummins Brasil Ltda.
Rua Jati, 310 - Cumbica
Guarulhos - SP - Brasil
CEP: 07180-900
Telefone: 0800-701-4701
www.cumminspower.com.br

the
Power
of One

Consulte seu distribuidor para maiores informações



**ANEXO B – ORÇAMENTO PARA AQUISIÇÃO DE 2 GRUPOS GERADORES
C400D6**



Chapecó, 25 de Agosto de 2020

CENTRO CORPORATIVO EM CURITIBA

Att.: Sres. Everaldo e Pedro
CURITIBA - PR

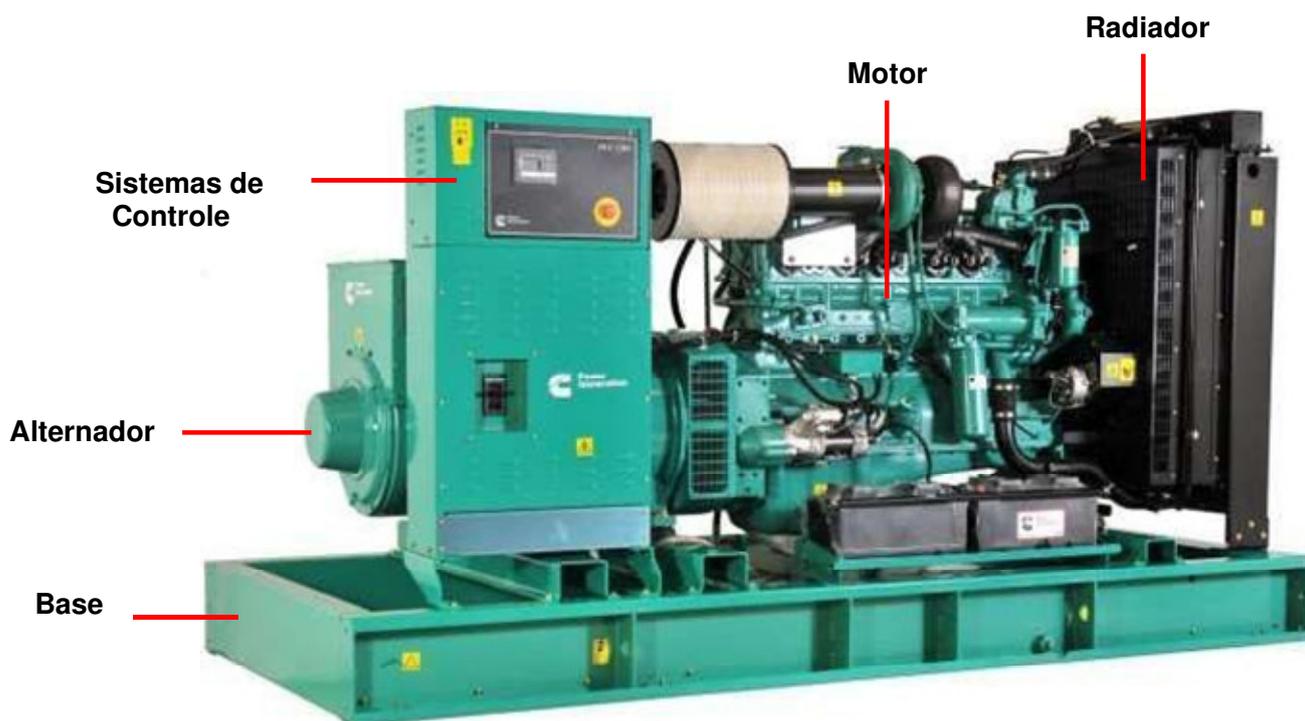
Proposta nº: Valor Orientativo

PROPOSTA DE FORNECIMENTO

Distribuidora Meridional de Motores Cummins S.A, distribuidor autorizado exclusivo dos produtos Cummins, vem apresentar conforme especificações técnicas recebidas, proposta de fornecimento de grupo motor gerador diesel marca Cummins Power Generation conforme descrição a seguir:

ESCOPO BASICO

Dois Grupos Geradores Cummins Power Generation, modelo C400D6, desenvolvendo a potência nominal de 400 kW (500 kVA) em regime "Standby" ou 365 kW (456 kVA) em regime "Prime Power", conectado na tensão de 380/220 Vac composto de:



Distribuidora Meridional de Motores Cummins S/A

Rio Grande do Sul | Porto Alegre
Av. Assis Brasil, 9 000 | Bairro Sarandi
CEP 91140 000 | Fone 51 3349 3200
motormac@motormac.com.br

Santa Catarina | São José
Rod. BR 101, km 212 | Distrito Industrial
CEP 88104 800 | Fone 48 3271 0100
motormac@motormac-sc.com.br

Paraná | Colombo
Av. Abel Scussiato, 3 020 | Atuba
CEP 83408 280 | Fone 41 3675 4500
motormac@motormac-pr.com.br
FOVG 003 Rev.01



MOTOR DIESEL

Motor Diesel CUMMINS modelo NTA855-G5, refrigerado por radiador, turbo-alimentado, seis cilindros em LINHA, bloco de **14 litros** desenvolvendo **614 CV** de potência bruta a 1800 RPM, construção específica para acionamento de alternadores elétricos, sistema de injeção do combustível com gerenciador mecânico de rotação do motor, com baixos índices de emissões e máximo de aproveitamento do combustível.

ALTERNADOR

O grupo motor gerador ofertado é dotado de alternador Cummins Power Generation, construção horizontal "single bearing", isolamento classe H conforme NEMA MG1-1.65, trifásico **380 Volts**, fator de potência 0,8 fechamento em estrela com neutro acessível, 4 pólos, 60 Hz 1800 RPM, elevação de temperatura até 105/125°C, arrefecimento por ventilador montado no próprio eixo, sistema de excitação brushless, tipo ímã permanente, com regulador de tensão controlado por microprocessador, que assegura máximas precisão e velocidade de correção quando das variações de carga. O sistema de excitação oferece ainda, proteção contra sobrecargas, com capacidade de anular a alimentação do campo em casos de sobre-corrente nas bobinas do estator. Acoplamento monobloco por meio de disco de aço flexível.

Características elétricas principais

Regulação de tensão entre vazio e plena carga	+ 0,5%
Regulação de frequência	Isócrono
Varição randômica de frequência	+ 0,25%
Fator de influência telefônica (TIF)	< 50 (NEMA MG1-22.43)
Fator telefônico harmônico (THF)	< 3

Para todos os grupos motores geradores CUMMINS, a potência considerada é disponível até a altitude de 1920 m e temperatura ambiente de 40°C. Para altitudes acima destes limites, há uma redução de 4,6% para cada 305 m e de 2,0% para cada 11°C de elevação.

PMG

PMG (Gerador Ímã Permanente) fornece energia ao regulador eletrônico de tensão independente da tensão de saída do alternador. Permite com isso melhor desempenho na partida de motores e melhor efeito de harmônicas induzidas por cargas não lineares.

REGULADOR ELETRÔNICO DE VELOCIDADE - REV

Sistema de injeção de combustível com Regulador Eletrônico de Velocidade, que mantém o controle preciso da rotação do motor e, conseqüentemente, da frequência. Isso torna mais rápida a recuperação da tensão após uma entrada de carga transiente (surto de tensão), torna o consumo de combustível mais eficiente e reduz o índice de emissões de gases poluentes.

Distribuidora Meridional de Motores Cummins S/A

Rio Grande do Sul | Porto Alegre
Av. Assis Brasil, 9 000 | Bairro Sarandi
CEP 91140 000 | Fone 51 3349 3200
motormac@motormac.com.br

Santa Catarina | São José
Rod. BR 101, km 212 | Distrito Industrial
CEP 88104 800 | Fone 48 3271 0100
motormac@motormac-sc.com.br

Paraná | Colombo
Av. Abel Scussiato, 3 020 | Atuba
CEP 83408 280 | Fone 41 3675 4500
motormac@motormac-pr.com.br
FOVG 003 Rev.01



PAINEL DE CONTROLE E SINCRONISMO DO GRUPO GERADOR

Painel de comando e controle PowerCommand modelo PCC3.3, montagem compacta individual para cada grupo motor-gerador, à prova de vibrações, com todas as funções para supervisão de partida, funcionamento e parada do grupo gerador. O sistema de controle PowerCommand ofertado é um controle com configurações para operação singela, provendo funções de governo de RPM do grupo gerador, regulação de tensão e monitoramento em nível superior aos parâmetros estabelecidos pela norma NFPA 110 nível 1. Seu padrão de construção excede as especificações técnicas IEC Standards 801.2, 801.3, 801.4, 801.5 e Mil-Std 461, Parte 9. Pode operar em ambientes com temperaturas variando entre -40°C a $+70^{\circ}\text{C}$. Inclui medidores de tensão, frequência, percentual de carga, percentual de corrente. O controle inclui ainda um display digital para os dados de operação do grupo gerador, onde se encontram indicações de:

- Pressão de óleo lubrificante;
- Temperatura do óleo lubrificante;
- Temperatura do líquido de arrefecimento do motor;
- Tensão da bateria;
- Rotação do motor (RPM);
- Frequência (Hz)
- Tensão de linha e tensão de fase para as três fases;
- Corrente de linha nas três fases (Amperes);
- kW (potência ativa);
- kVA (potência aparente);
- Fator de Potência ($\cos\phi$);
- Energia gerada acumulada (Kilowatts-hora);
- Horas de operação (horímetro);
- Contador do número de partidas;

O controle Power Command inclui os seguintes **avisos de alarme** (sem parada do motor):

- Pré-baixa pressão do óleo lubrificante;
- Pré-alta temperatura do motor;
- Temperatura baixa do motor;
- Alta e Baixa tensão de baterias;
- Falha nos sensores de pressão de óleo, temperat. de água e temperatura do óleo;

O sistema avisa no display e comanda a parada automática do grupo gerador nos casos em que um dos defeitos abaixo ocorra:

- Baixa pressão do óleo lubrificante;
- Alta temperatura do líquido de arrefecimento;
- Sobre-velocidade do motor;
- Baixo nível do líquido de arrefecimento;
- Falha durante a partida (após as tentativas programadas);
- Sobre-tensão;
- Sub-tensão;
- Sub-frequência
- Sobre-frequência;
- Sobre-corrente no alternador;
- Defeito no pick-up magnético;
- Parada de emergência, por botão de soco.

Distribuidora Meridional de Motores Cummins S/A

Rio Grande do Sul | Porto Alegre
Av. Assis Brasil, 9 000 | Bairro Sarandi
CEP 91140 000 | Fone 51 3349 3200
motormac@motormac.com.br

Santa Catarina | São José
Rod. BR 101, km 212 | Distrito Industrial
CEP 88104 800 | Fone 48 3271 0100
motormac@motormac-sc.com.br

Paraná | Colombo
Av. Abel Scussiato, 3 020 | Atuba
CEP 83408 280 | Fone 41 3675 4500
motormac@motormac-pr.com.br
FOVG 003 Rev.01



- Potência reversa do grupo gerador;
- Sobrecarga (potência ativa elevada).
- Curto circuito.

Características adicionais do sistema são:

- ✓ 3 – 5 ciclos de partida – (selecionável);
- ✓ Sistema de medidas: métrico ou Inglês;
- ✓ Possibilidade de operação do grupo gerador em marcha lenta;
- ✓ Aumento da rotação em “ramping”, evitando a emissão de fumaça;
- ✓ Funções de ajustes de velocidade, tensão e tempos de partida e parada;
- ✓ Controle de sincronismo entre grupos geradores;
- ✓ Controle de divisão de cargas ativas (kW) e reativas (kVAr);
- ✓ Controle ativo na entrada e saída de cargas no grupo gerador;
- ✓ Sistema de monitoramento e controle de equalização da tensão do grupo gerador em relação à concessionária no momento da rede;



TRANSFERÊNCIA AUTOMÁTICA ININTERRUPTA (RAMPA)

O sistema MICRO-PROCESSADO de transferência ININTERRUPTA SUAVIZADA de cargas suavizada entre as fontes (rede/grupo ou grupo/rede) visa aprimorar o uso do grupo gerador de tal forma que os consumidores não sofram nenhum tipo de interrupção no momento da transferência em partidas programadas como no horário de ponta, ou no retorno e normalização da energia da concessionária quando da falta.

- **Painel de Transferência:** composto por um quadro de transferência automática em rampa, onde está equipado por um par de **disjuntores motorizados tipo caixa aberta de 2500 A**. Barramento de paralelismo de 2500A, preparado para a conexão de até três Grupos Geradores de 500KVA.
- **Certificação:** Painel testado e em conformidade com as Normas ABNT NBR IEC 60439-1 (Painéis TTA/PTTA) e IEC 61439-1&2.
- Aplica-se em sistema com **dois** grupos geradores, equipados com controlador Power Command 3.3 e disjuntor motorizado na base de 800A.
- Não inclui Relé de Proteção para a Rede exigido pela concessionária.

Distribuidora Meridional de Motores Cummins S/A

Rio Grande do Sul | Porto Alegre
Av. Assis Brasil, 9 000 | Bairro Sarandi
CEP 91140 000 | Fone 51 3349 3200
motormac@motormac.com.br

Santa Catarina | São José
Rod. BR 101, km 212 | Distrito Industrial
CEP 88104 800 | Fone 48 3271 0100
motormac@motormac-sc.com.br

Paraná | Colombo
Av. Abel Scussiato, 3 020 | Atuba
CEP 83408 280 | Fone 41 3675 4500
motormac@motormac-pr.com.br
FOVG 003 Rev.01



ACESSÓRIOS

Fazem parte da proposta os seguintes acessórios:

- Duas baterias 150 A/h, por Grupo Gerador;
- Um tanque sub-base de 500 litros, por Grupo Gerador;
- Uma torneira bóia para instalação em tanque da base, para cada Grupo Gerador;
- Um carregador-retificador de baterias, por Grupo Gerador;
- Um pré-aquecimento do motor, por Grupo Gerador;
- Um **disjuntor motorizado de 800A**, instalado na base de cada Grupo Gerador. Responsável pela proteção e paralelismo dos Grupos Geradores em um barramento comum.
- Um **sistema de carenagem atenuada** para cada Grupo Gerador, pronta para aplicação e instalação ao tempo, dimensionada para **85 dB(A)** a 1,5 metros; (de acordo com norma ISO 8528);
- Um sistema de gerenciamento eletrônico de velocidade (R.E.V.), por Grupo Gerador. Este que visa estabelecer a rotação do motor diesel em 1.800 RPM, garantindo a geração e estabilidade da frequência em 60 Hz;
- Manuais técnicos em mídia digital;
- Motor com carga inicial de todos os fluídos (óleo lubrificante e água para radiador com aditivo).
- **NOTA 1:** Para a perfeita execução da entrega técnica enviaremos uma relação de itens (check-list) que devem ser observados quanto a instalação / preparação dos equipamentos.
- **NOTA 2:** Potência definida pelo cliente.

CONDIÇÕES TÉCNICAS

- **UTILIZAÇÃO:** Este equipamento irá trabalhar em regime de horário de ponta e emergência.
- **INSTALAÇÃO:** Não está incluso nesta proposta.
- **OBRA CIVIL:** Não está incluso nesta proposta.
- **ENTREGA TÉCNICA:** Está incluso nesta proposta.
- **PROJETO:** Não está incluso aprovação junto a concessionária local nesta proposta.
- **GARANTIA:** 12 meses, a contar da data da entrega técnica, **sem ônus para o cliente**.
- **ASSISTÊNCIA TÉCNICA:** manteremos a disposição uma equipe técnica e peças sobressalentes localizadas em **São José/SC**, assegurando pronto atendimento 24 horas e absoluta confiabilidade.

Distribuidora Meridional de Motores Cummins S/A

Rio Grande do Sul | Porto Alegre
Av. Assis Brasil, 9 000 | Bairro Sarandi
CEP 91140 000 | Fone 51 3349 3200
motormac@motormac.com.br

Santa Catarina | São José
Rod. BR 101, km 212 | Distrito Industrial
CEP 88104 800 | Fone 48 3271 0100
motormac@motormac-sc.com.br

Paraná | Colombo
Av. Abel Scussiato, 3 020 | Atuba
CEP 83408 280 | Fone 41 3675 4500
motormac@motormac-pr.com.br
FOVG 003 Rev.01



CONDIÇÕES COMERCIAIS

ITEM	DESCRIÇÃO	PREÇO (R\$)
Grupo Gerador C400 D6 Automático	Inclui dois grupos geradores modelo C400D6 , potência de 500/456 kVA , base, 380/220 Vac , alternador com raio de ação ilimitado, gerenciador mecânico do motor, pré-aquecimento, sistema de resfriamento adequado ao uso à temperatura ambiente e acessórios (duas baterias 150 A/h e manuais).	R\$528.000,00
Painel de Controle e Sincronismo PCC3.3	Composto por um sistema de controle microprocessado para o grupo gerador, este que é responsável pelo sistema de proteção e sincronismo do grupo gerador.	
Painel de Transferência Automático	Inclui um quadro de controle microprocessado responsável por supervisionar o grupo gerador, rede e transferência automática RAMPA que está composto por um par de disjuntores motorizados de 2500A . Painel certificado. Barramento de paralelismo para até 3x Grupos Geradores de 500KVA.	
Carenagem Atenuada	Um sistema de carenagem atenuada para cada Grupo Gerador, pronta para aplicação e instalação ao tempo, dimensionada para 85 dB(A) a 1,5 metros.	
R.E.V.	Inclui um Regulador Eletrônico de Velocidade para cada Grupo Gerador, com a função de garantir a rotação do motor diesel em 1.800 RPM e estabilidade da frequência em 60 Hz.	
Disjuntor Proteção Manual	Inclui um disjuntor de motorizado de 800A para cada Grupo Gerador.	
Sensor nível	Inclui um sensor de nível da água para cada Grupo Gerador.	
Tanque sub-base	Inclui um tanque de combustível sub-base de 500L para cada Grupo Gerador	
Garantia	Inclui Garantia de 12 meses sem ônus.	
Torneira Bóia	Inclui uma torneira bóia para cada Grupo Gerador	
PMG	Inclui um Gerador Imã Permanente para cada Grupo Gerador.	
TOTAL	Quinhentos e Vinte e Oito Mil Reais.	R\$528.000,00

“Preço inclui ICMS de 12%”, IPI é isento”

Estamos considerando que o cliente é contribuinte de ICMS e portador de IE.

OPCIONAL A ESTE FORNECIMENTO

SISTEMA DE MONITORAMENTO REMOTO

ITEM	DESCRIÇÃO	VALOR
Monitoramento (PC550)	Monitoramento remoto conectado à nuvem modelo Power Comand 550. <i>Conforme material anexo.</i>	R\$10.000,00

Distribuidora Meridional de Motores Cummins S/A

Rio Grande do Sul | Porto Alegre
Av. Assis Brasil, 9 000 | Bairro Sarandi
CEP 91140 000 | Fone 51 3349 3200
motormac@motormac.com.br

Santa Catarina | São José
Rod. BR 101, km 212 | Distrito Industrial
CEP 88104 800 | Fone 48 3271 0100
motormac@motormac-sc.com.br

Paraná | Colombo
Av. Abel Scussiato, 3 020 | Atuba
CEP 83408 280 | Fone 41 3675 4500
motormac@motormac-pr.com.br
FOVG 003 Rev.01



DIFERENCIAIS CUMMINS

- Sensor de nível de água de arrefecimento (standard).
- SISTEMA DE PROTEÇÃO E MEDIÇÕES DE GRANDEZAS ELÉTRICAS E MECÂNCAS EQUIPADO JUNTO AO GRUPO GERADOR – MODELO PCC 3.3.
- Maior vida útil do motor do mercado – 10.000 horas trabalhadas.
- Melhor infraestrutura na distribuição de peças, equipamentos e assistência técnica.
- Segurança plena no dimensionamento da potência mecânica x elétrica.
- Produtos certificados pela NFPA que garante o desempenho do grupo gerador.
- FABRICANTE TOTAL DO EQUIPAMENTO, INDEPENDENTE DE TECNOLOGIA DE FÁBRICA TERCEIRAS, ASSISTÊNCIA TÉCNICA E FORNECIMENTO DE PEÇAS.

FORMA DE PAGAMENTO

A combinar.

LOCAL DE ENTREGA

Posto em Curitiba / PR (Entrega do grupo gerador sobre a plataforma do caminhão sem descarga).

PRAZO DE ENTREGA

A combinar conforme planejamento entre cliente/Cummins.

OBSERVAÇÕES

A validade da proposta é de 10 dias.

“Em virtude da variação cambial os preços poderão variar a partir data da validade da proposta.”

Visite os nossos sites:

- www.motormac.com.br
- www.cumminspower.com.br

Sem mais para o momento e a disposição para qualquer dúvida, subscrevemo-nos.

Atenciosamente,

Ivan Goelzer
Consultor de Vendas
(49) 99188-3733

Distribuidora Meridional de Motores Cummins S/A

Rio Grande do Sul | Porto Alegre
Av. Assis Brasil, 9 000 | Bairro Sarandi
CEP 91140 000 | Fone 51 3349 3200
motormac@motormac.com.br

Santa Catarina | São José
Rod. BR 101, km 212 | Distrito Industrial
CEP 88104 800 | Fone 48 3271 0100
motormac@motormac-sc.com.br

Paraná | Colombo
Av. Abel Scussiato, 3 020 | Atuba
CEP 83408 280 | Fone 41 3675 4500
motormac@motormac-pr.com.br
FOVG 003 Rev.01

**ANEXO C – ORÇAMENTO PARA AQUISIÇÃO DO TANQUE DE
ARMAZENAMENTO E BACIA DE CONTENÇÃO**



TB TANQUES E BOMBAS LTDA
RUA JOAQUIM SEABRA, 175 – JD. NOVA CANAÃ – CEP 13848622 – MOGI- GUAÇU –SP
CONTATOS (19) 9 96359668
E MAIL contato@tanquesebombas.com.br
CNPJ 11.999.894/0001-91 IE 455.196.258.115

TANQUE E BACIA 5M3

TANQUE AÉREO PARA ARMAZEMAMENTO DE LIQUIDOS

Características Construtivas

GENERALIDADES

O presente constitui o RELATÓRIO INFORMATIVO, do Tanque aéreo para armazenagem de LIQUIDOS .

A instalação do tanque e acessórios deve seguir as indicações e procedimentos recomendados pelos fabricantes e pela ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas.

A instalação do aterramento do tanque bem como a compra de extintores será responsabilidade do adquirente do equipamento obedecendo todas as normas de segurança regulatórias na ABNT e instrução Técnica do Corpo de Bombeiros da cidade da instalação do tanque.

O local da instalação é opção do cliente ficando a TB Tanques e Bombas isenta de qualquer tipo de responsabilidade quanto ao seu manuseio e quaisquer tipo de acidentes que possam ocorrer provenientes na operação do equipamento.

Garantia do Equipamento

01 Ano para o Tanque e Bacia de Contenção

DOCUMENTAÇÃO DO TANQUE

ART (ANOTAÇÃO DO RESPONSÁVEL TÉCNICO), pelo projeto e fabricação do tanque.

Pintura

A cor padrão dos tanques aéreos da TB é PRATA, entretanto pode ser solicitada outra cor da preferência do cliente.

ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS TANQUE NCM 73090090

MODELO	PAREDE	VOLUME	ESPESSURA AÇO
AS 05 P 05	3,35MM	05M3	3,35MM

DIMENSÕES	PESO	COMPARTIMENTOS	NORMAS
DIA 1,46MTS X COMPR 3,00 MTS	300 KGS	PLENO 5M3	NBR 15461

LISTA MATERIAS

QTDE.	UNID.	MATERIAL	ESPECIFICAÇÃO
4	PÇ	CHAPA COSTADO	3,35MM ASTM A 36
1	PÇ	BOCA DE VISITA 610X180	3,35MM ASTM A 36
1	PÇ	INDICADOR DE NÍVEL	BÓIA/ MANGUEIRA
1	PÇ	ALÇA DE IÇAMENTO	100X100MM
1	PÇ	LUVA DE 1"1/2 SAÍDA	DIN2440
1	PÇ	LUVA DE 1"1/2 RESPIRO VALVUL	DIN2440
1	PÇ	LUVA DE 1" DRENAGEM	DIN2440
1	PÇ	LUVA DE 4" COM TAMPA	DIN2440
2	PÇS	PÉS COM VIGA U 5" DIA 1,46 MTS	ASTM A 36

ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS BACIA DE CONTENÇÃO NCM 73090090

MODELO	PAREDE	VOLUME	ESPESSURA AÇO
BACIA	3,35MM	5,5M3	3,35MM

DIMENSÕES	PESO	NORMAS
LARG 2,00MTS X 4,50MTS COMP X 0,80 MTS ALT	225 KGS	NBR 15461

DESCRIÇÃO	QTDE.	VALOR UNITÁRIO
Tanque 5.000 Litros - NOVO	01	R\$ 6.750,00 (Seis Mil Setecentos e Cinquenta Reais)
Bacia de Contenção 5.500 litros - NOVA	01	R\$ 5.000,00 (Cinco Mil Reais)
TOTAL DO ORÇAMENTO		R\$ 11.750,00 (Onze Mil Setecentos e Cinquenta Reais)

FRETE POR CONTA DO CLIENTE

FORMA DE PAGAMENTO:

50% NO FECHAMENTO 50% 01 DIA ANTES DO EMBARQUE

PRAZO DE ENTREGA 30 DIAS APÓS FORMALIZAÇÃO DO PEDIDO

VALIDADE PROPOSTA 20 DIAS



WWW.TANQUESEBOMBAS.COM.BR

