

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE ENGENHARIA CÂMPUS DE ILHA SOLTEIRA
TRABALHO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA ELÉTRICA**

YURI PAPANDRÉ DA SILVA

**DIMENSIONAMENTO DE GRUPO GERADOR A DIESEL ESTACIONÁRIO E
SISTEMA ININTERRUPTO DE ENERGIA EM TORRE DE
TELECOMUNICAÇÕES**

**Ilha Solteira
2023**

YURI PAPANDRÉ DA SILVA

**DIMENSIONAMENTO DE GRUPO GERADOR A DIESEL ESTACIONÁRIO E
SISTEMA ININTERRUPTO DE ENERGIA EM TORRE DE
TELECOMUNICAÇÕES**

Trabalho de Graduação apresentado à
faculdade de Engenharia do Campus de
Ilha Solteira – UNESP, como parte dos
requisitos para obtenção do grau de
Engenheiro Eletricista

Prof. Dr. Jonatas Boas Leite
Orientador

Ilha Solteira
2023

FICHA CATALOGRÁFICA

Desenvolvido pelo Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação

S586d Silva, Yuri Papandré da.
Dimensionamento de grupo gerador a diesel estacionário e sistema ininterrupto de energia em torre de telecomunicações / Yuri Papandré da Silva.
-- Ilha Solteira: [s.n.], 2023
95 f. : il.

Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia Elétrica) -
Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, 2023

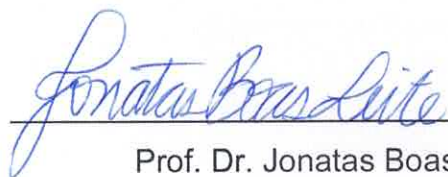
Orientador: Jonatas Boas Leite

Inclui bibliografia

1. Distúrbios elétricos. 2. Sistema de alimentação ininterrupta. 3. Dimensionamento. 4. Diagramas elétricos. 5. Simulações.

ATA DE DEFESA DE TRABALHO DE GRADUAÇÃO

Aos quinze dias do mês de Maio do ano de dois mil e vinte e três, o discente **Yuri Papandré da Silva**, matriculado sob o n  161052576, tendo como banca examinadora o seu orientador, o Prof. Dr. Jonatas Boas Leite, o Prof. Dr. Fábio Bertequini Leão e o Mestrando Vagner Ant nio de Moraes da Cruz, apresentou o Trabalho de Graduação intitulado "**Dimensionamento de Grupo Gerador a Diesel Estacionário e Sistema Ininterrupto de Energia em Torre de Telecomunicações**", obtendo a nota 10,0 (DEZ) e conceito APROVADO.



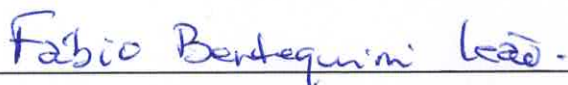
Prof. Dr. Jonatas Boas Leite

- Orientador -



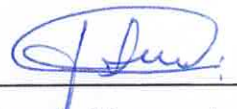
Yuri Papandré da Silva

- Discente -



Prof. Dr. Fábio Bertequini Leão

- Membro da Banca -



Mestrando Vagner Ant nio de Moraes da

Cruz

- Membro da Banca -

AGRADECIMENTOS

Primeiramente eu agradeço profundamente aos meus pais, Isaac Júnior e Marli, minha vó, Plascidina e minha tia, Lucinda por proporcionarem a oportunidade de estudar em uma das melhores faculdades do Brasil para o curso de engenharia elétrica e estarem ao meu lado em qualquer situação, apoiando quando necessário em momentos difíceis.

Ao meu irmão Isaac Neto que sempre trazia o entretenimento em períodos difíceis, principalmente na pandemia, além de dar uma opinião mais moral a respeito de situações em que eu precisava de ajuda.

À minha família, no contexto geral, por serem muito acolhedores e receptivos.

Ao meu Orientador Prof. Dr. Jonatas Boas Leite por ter me aberto esta oportunidade de realizar o tema desejado e criar o melhor trabalho de graduação possível, sem seu apoio e opinião a respeito das disciplinas envolvidas seria impossível ordenar o conteúdo correto para produzir o trabalho. Também agradeço a todos os professores da universidade por ministrarem de forma clara as disciplinas.

Ao engenheiro eletricista Cléber Ricardo colaborador da empresa de televisão TV Tem e sócio proprietário da CRL Engenharia e Soluções Tecnológicas. Sem sua colaboração e conhecimento na área de instalações elétricas residenciais, industriais e máquinas elétricas o trabalho não se tornaria tão completo e o procedimento se tornaria mais árduo.

Por fim a minha amiga Aline, por compartilhar de suas opiniões particulares e dar conselhos a respeito do desenvolvimento deste trabalho.

RESUMO

A necessidade de se manter máquinas e dispositivos eletrônicos com alimentação elétrica constante e de qualidade exige implementação de um sistema capaz de substituir o fornecimento de energia durante distúrbios elétricos. O sistema de alimentação ininterrupta composto por um grupo motor gerador e sistema ininterrupto de energia satisfaz rigorosamente esta necessidade. Desta forma, este trabalho apresenta cálculos e o dimensionamento elétrico desse sistema em uma edificação pertencente a área de telecomunicações, selecionando modelos adequados dos equipamentos encontrados em catálogos. Por fim, realiza-se diagramas elétricos do suposto local e simulações desse sistema implementado utilizando *softwares* computacionais. Após os cálculos e desenhos conclui-se que, mesmo sem o teste real dos equipamentos no edifício, os valores obtidos na parte elétrica do projeto devem ser satisfatórios. Além disso este tipo de projeto possui alta complexidade e é realizado normalmente por uma equipe ou empresa por exigir necessidade de conhecimento em outras áreas de influência como engenharia mecânica e civil.

Palavras-chave: distúrbios elétricos; sistema de alimentação ininterrupta; dimensionamento; diagramas elétricos; simulações.

ABSTRACT

The need to maintain machines and electronic devices with constant and quality electrical power requires the implementation of a system capable of replacing the power supply during electrical surges. The uninterruptible power supply system composed of a motor generator and UPS strictly meets this need. Therefore, this work presents the calculation and electrical sizing of this system in a building belonging to the telecommunications area, ultimately selecting appropriate models of the equipment found in catalogs. Finally, perform electrical diagrams of a certain location and simulations of this implemented system using computational software. After the calculations and drawings, it is concluded that, even without the actual testing of the equipment in the building, values obtained of the electrical part of the project must be competent. In addition, this type of project is highly complex and is usually carried out by a team or company because it requires knowledge in other areas of influence such as mechanical and civil engineering.

Keywords: electrical surges; uninterruptible power supply system; sizing; electrical diagrams; simulations.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	- Representação do sistema de Fornecimento ininterrupto	22
Figura 2	- Diagrama de blocos UPS <i>Stand-by</i>	23
Figura 3	- Diagrama de blocos UPS Linha Interativa.....	24
Figura 4	- Diagrama de blocos UPS Online Dupla conversão	25
Figura 5	- Formas de onda no UPS	25
Figura 6	- Conexão de disjuntor tripolar para corrente contínua.....	28
Figura 7	- Motor diesel CUMMINS 3CR08.3 visto em corte	32
Figura 8	- Gerador elementar e gráfico força eletromotriz (e) em um polo	32
Figura 9	- Geração Trifásica	33
Figura 10	- Modos de ligação em gerador de 6 terminais.....	34
Figura 11	- Modos de ligação em gerador 12 terminais	34
Figura 12	- Tensão de vários tipos de geradores em função do tempo	38
Figura 13	- Curvas para obter fator de Correção ΔU em função de $\cos \varphi$ e reatância do gerador.....	38
Figura 14	- Curva de sobrecarga de geradores padronizados	39
Figura 15	- Regime de gerador modo potência contínua (COP)	41
Figura 16	- Regime de gerador modo prime por tempo limitado (LTP).....	41
Figura 17	- Regime de gerador modo prime por tempo ilimitado (PRP)	41
Figura 18	- Regime de gerador modo <i>stand-by</i> (ESP)	42
Figura 19	- Estrutura interna de um CLP em diagrama de blocos	43
Figura 20	- Sistema de alimentação ininterrupta com gerador com UPS e Gerador	44
Figura 21	- Ciclo de funções do sistema de transferência automática de energia	46
Figura 22	- Modelo de sistema de transferência automática em consumidor de baixa tensão utilizando contadores de potência.....	47
Figura 23	- Aparência de um QTA	47
Figura 24	- Contator de potência e simbologia.....	48
Figura 25	- Planta baixa simples da estação.....	51
Figura 26	- Diagrama unifilar completo	65
Figura 27	- Diagrama multifilar GMG e QTA	66
Figura 28	- Diagrama unifilar interno do UPS.....	67
Figura 29	- Planta elétrica do sistema de alimentação ininterrupta	68
Figura 30	- Circuito de potência feito pelo CADe Simu 3.0.....	69

Figura 31	- Circuito de controle feito pelo CADe Simu 3.0	69
Figura 32	- Circuito de Potência em regime normal	70
Figura 33	- Circuito de controle em regime normal.....	71
Figura 34	- Circuito de Potência em comutação para gerador	72
Figura 35	- Circuito de controle em comutação para gerador.....	73
Figura 36	- Circuito de Potência em regime GMG.....	74
Figura 37	- Circuito de controle em regime GMG	75
Figura 38	- Circuito de Potência em comutação para concessionária	76
Figura 39	- Circuito de controle em comutação para concessionária	77

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	- Terminologia das distorções harmônicas	17
Tabela 2	- Limites das distorções harmônicas totais	17
Tabela 3	- Terminologia do desequilíbrio de tensão.....	17
Tabela 4	- Limites para os desequilíbrios de tensão	17
Tabela 5	- Terminologia da flutuação de tensão	18
Tabela 6	- Limites para as flutuações de tensão.....	18
Tabela 7	- Classificação das variações de tensão de curta duração	19
Tabela 8	- Distorções harmônicas e fator de potência em retificadores	29
Tabela 9	- Fator de multiplicação para diferentes retificadores da UPS	30
Tabela 10	- Velocidades síncronas.....	35
Tabela 11	- Classes de isolamento.....	36
Tabela 12	- Grau de Proteção (IPs)	37
Tabela 13	- Tipo de proteção a ser implementada dado a Potência nominal da máquina.....	40
Tabela 14	- Condições atmosféricas da região	52
Tabela 15	- Levantamento de cargas críticas no sistema	52
Tabela 16	- Dados de rendimento do UPS	53
Tabela 17	- Características das baterias.....	53
Tabela 18	- Informações do condutor dimensionado	54
Tabela 19	- Disjuntores selecionados para o UPS.....	55
Tabela 20	- Características necessárias no GMG dimensionado.....	56
Tabela 21	- Levantamento de todas as cargas do edifício	57
Tabela 22	- Dados do aparelho de ar-condicionado inverter no modo de refrigeração	57
Tabela 23	- Dados do alternador e UPS para cálculo	58
Tabela 24	- Dados do GMG e carga indutiva para cálculo	59
Tabela 25	- Intervalos de tensão e frequência aceitos na alimentação do UPS..	59
Tabela 26	- Levantamento corrigido de todas as cargas.....	60
Tabela 27	- Dados de bateria e carregador para circuito de comando.....	61
Tabela 28	- Modelo de contator e seus blocos extras	62
Tabela 29	- Descrição e seção dos pinos do controlador DS4520	63
Tabela 30	- Condutores dimensionados	64
Tabela 31	- Disjuntores selecionados do QTA e dados principais.....	64

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

UPS	Sistema Ininterrupto de Energia (<i>Uninterruptible Power Supply</i>)
DRUPS	Sistema Ininterrupto de Energia com Rotação por Diesel (<i>Diesel Rotary Uninterruptible Power Supply</i>)
IGBT	Transistores de Potência de Chaveamento Rápido (<i>Insulated-Gate Bipolar Transistor</i>)
NBR	Norma Técnica Brasileira
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
THD	Distorções Harmônicas Totais (<i>Total Harmonic Distortion</i>)
SCR	Retificador Controlado de Silício (<i>Silicon Controlled Rectifier</i>)
GMG	Grupo Motor Gerador
CV	Cavalo Vapor
f.e.m.	Força Eletromotriz
VDE	<i>Verband Der Elektrotechnik</i> (nome da associação alemã)
COP	Potência Contínua (<i>Continuous Power</i>)
LTP	Primária por Tempo Limitado (<i>Limited Time Prime</i>)
PRP	Primária por Tempo Ilimitado (<i>Permissible Running Prime</i>)
ESP	Potência de Emergência <i>Stand-by</i> (<i>Emergency Stand-by Power</i>)
CLP	Controlador Lógico Programável
QTA	Quadro de Transferência Automática
USCA	Unidade de Supervisão de Corrente Alternada
AWG	Escala Americana de Fios (<i>American Wire Gauge</i>)
TUG	Tomada de Uso Geral
TUE	Tomada de Uso Específico

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	15
1.1	DISTÚRBIOS NA REDE ELÉTRICA	16
1.1.1	Distorções harmônicas	16
1.1.2	Desequilíbrio de tensão	17
1.1.3	Flutuação de tensão	17
1.1.4	Variação de frequência	18
1.1.5	Variação de tensão de curta duração	18
1.2	OBJETIVO	19
1.3	ESTRUTURA DO TRABALHO	19
2	DEFINIÇÕES TEÓRICAS E EQUAÇÕES DO SISTEMA	20
2.1	SISTEMAS ININTERRUPTOS DE ENERGIA (UPS)	20
2.1.1	Componentes principais de um UPS	20
2.1.1.1	<i>Retificador</i>	21
2.1.1.2	<i>Inversor</i>	21
2.1.1.3	<i>Sistema de armazenamento de energia</i>	21
2.1.1.4	<i>Chaves estáticas</i>	21
2.1.2	Classificação dos UPS	22
2.1.2.1	<i>Stand-by</i>	22
2.1.2.2	<i>Linha interativa</i>	23
2.1.2.3	<i>Online dupla conversão</i>	24
2.1.3	Formas de onda	25
2.1.4	Requisitos para projeto e instalação	26
2.1.4.1	<i>Dimensionamento do UPS</i>	26
2.1.4.2	<i>Dimensionamento dos circuitos alimentadores</i>	27
2.1.4.3	<i>Dimensionamento junto ao grupo gerador</i>	28
2.2	GRUPO MOTOR-GERADOR	30
2.2.1	Motores a diesel	31
2.2.2	Gerador síncrono	32
2.2.2.1	<i>Tipo de excitação</i>	33
2.2.2.2	<i>Geração trifásica</i>	33
2.2.3	Características de desempenho	35
2.2.3.1	<i>Frequência de operação</i>	35
2.2.3.2	<i>Potência nominal</i>	35

2.2.3.3	<i>Elevação de temperatura – Classe de isolamento</i>	36
2.2.3.4	<i>Grau de proteção</i>	36
2.2.3.5	<i>Queda de tensão</i>	37
2.2.3.6	<i>Sobrecarga</i>	39
2.2.3.7	<i>Corrente de curto-circuito</i>	39
2.2.3.8	<i>Proteção do gerador</i>	40
2.2.3.9	<i>Regime de serviço</i>	40
2.2.4	Controlador Lógico Programável (CLP)	42
2.2.5	Unidade de Supervisão de Corrente Alternada (USCA)	43
2.2.6	Considerações para dimensionamento em telecomunicações	44
2.3	QUADRO DE TRANSFERÊNCIA AUTOMÁTICA (QTA)	45
2.3.1	Topologia	46
2.3.1.1	<i>Contatores de potência</i>	47
2.3.1.2	<i>Proteção do sistema</i>	48
2.3.1.3	<i>Módulo de comando</i>	48
3	DIMENSIONAMENTO DE SISTEMA DE ALIMENTAÇÃO ININTERRUPTA	50
3.1	ORDEM DOS PROCEDIMENTOS	50
3.2	REQUISITOS INICIAIS	50
3.2.1	Avaliação das condições atmosféricas	51
3.3	DIMENSIONAMENTO DO UPS	52
3.3.1	Levantamento de cargas críticas	52
3.3.2	Escolha do UPS	52
3.3.3	Escolha do banco de baterias	53
3.3.4	Dimensionamento dos condutores para circuito de entrada UPS	53
3.3.5	Proteção do sistema UPS	55
3.3.5.1	<i>Disjuntor trifásico para carga UPS</i>	55
3.3.5.2	<i>Disjuntor para banco de baterias</i>	55
3.4	DIMENSIONAMENTO DO GRUPO MOTOR-GERADOR	55
3.4.1	Considerações iniciais	56
3.4.2	Levantamento completo das cargas	56
3.4.2.1	<i>Correção das cargas com partida de motores</i>	57
3.4.2.2	<i>Correção das cargas não lineares</i>	58
3.4.2.3	<i>Avaliação da queda de tensão do gerador</i>	59
3.4.3	Levantamento completo corrigido das cargas	60
3.4.4	Conexão dos terminais	60

3.4.5	Seleção do controlador	61
3.5	DIMENSIONAMENTO DO QTA	61
3.5.1	Contatores de potência.....	61
3.5.2	Circuito de controle.....	62
3.5.3	Circuito de potência.....	63
3.5.4	Fusíveis e disjuntores termomagnéticos	64
4	APRESENTAÇÃO DOS DIAGRAMAS ELÉTRICOS	65
4.1	DIAGRAMA UNIFILAR.....	65
4.2	DIAGRAMA MULTIFILAR DO QTA	65
4.3	DIAGRAMA UNIFILAR INTERNO UPS	67
4.4	PLANTA EXECUTIVA DO SISTEMA	67
4.5	APRESENTAÇÃO DOS REGIMES NO SISTEMA.....	68
4.5.1	Regime normal – Alimentação pela concessionária	70
4.5.2	Comutação para gerador – Ocorrência de surtos elétricos	71
4.5.3	Regime GMG – Alimentação pelo gerador	73
4.5.4	Comutação para concessionária – Normalização da rede principal.....	75
5	CONCLUSÃO.....	78
	REFERÊNCIAS	79
	ANEXO A – ESPECIFICAÇÕES UPS EATON 9355 15 kVA	81
	ANEXO B – TABELAMENTO PARA CONDUTORES NBR 5410	86
	ANEXO C – ESPECIFICAÇÕES GRUPO MOTOR GERADOR.....	90
	ANEXO D – ESPECIFICAÇÕES AR-CONDICIONADO INVERTER.....	93
	ANEXO E – ESPECIFICAÇÕES USCA DS4520	94

1 INTRODUÇÃO

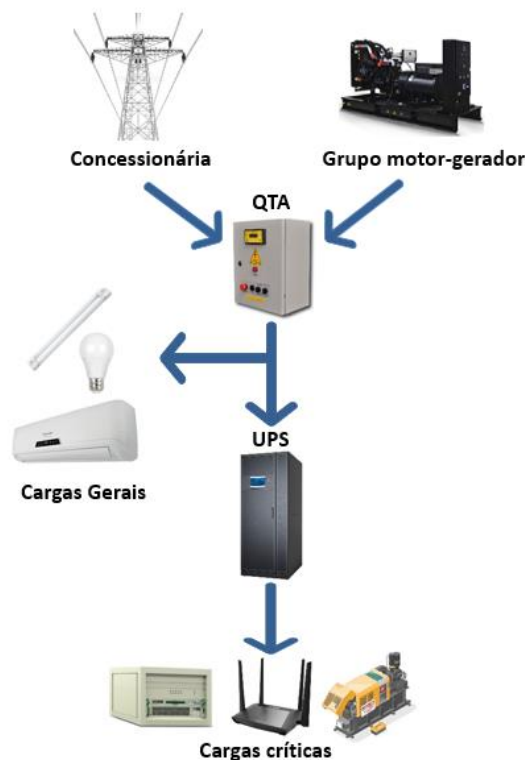
A economia brasileira vem crescendo no período de pós pandemia. Conforme a EPE, em maio de 2022, o consumo de energia elétrica nacional aumentou 1% no setor industrial e 11% na área comercial em comparação ao mês de 2021. Contudo este alto crescimento requer um maior fluxo de potência nas redes das concessionárias distribuidoras de energia elétrica e, conseqüentemente, uma tendência maior na indisponibilidade e qualidade elétrica devido à alta demanda nas indústrias e comércios, principalmente em empresas de telecomunicações (LOGMASTER, 2022).

Grandes indústrias, hospitais e centrais de comunicação exigem o fornecimento de energia sem interrupção para as cargas essenciais. Portanto, é necessário um sistema capaz de manter a estabilidade da rede mesmo com oscilações ou falta de energia na rede da concessionária distribuidora de eletricidade.

Para manter a produtividade dessas empresas, muitas delas investem em projetos capazes de manter o fornecimento de energia elétrica mesmo em situações de falta na rede da concessionária local. Estes sistemas mantêm os equipamentos conectados e em perfeito funcionamento. Portanto, o projeto de fornecimento ininterrupto protege com eficiência cargas de trabalho dos distúrbios de corrente e tensão durante o retorno do fornecimento na rede local (LOGMASTER, 2022).

Os componentes compostos neste sistema de alimentação ininterrupta a ser desenvolvido no dimensionamento são um Sistema ininterrupto de energia (UPS), grupo motor gerador (GMG) e quadro de transferência automática (QTA). A figura representa este sistema de forma resumida nas cargas da instalação. Vale ressaltar também que o dimensionamento do aterramento e SPDA (Sistema de Proteção de Descargas Atmosféricas) não serão apresentadas pois é considerado que a estrutura do edifício e sua proteção a descargas atmosféricas já foram implementadas.

Figura 1 – Representação do sistema de fornecimento interrupto



Fonte: Próprio autor

1.1 DISTÚRBIOS NA REDE ELÉTRICA

Os distúrbios elétricos podem ser definidos como perturbações ou anomalias na qualidade de energia elétrica, podendo afetar diretamente o funcionamento de equipamentos elétricos e eletrônicos. Para compreender a necessidade de implementação de um sistema capaz de proteger estas cargas, deve-se compreender os problemas que cada distúrbio elétrico pode causar na instalação elétrica e seus impactos nos equipamentos suscetíveis a danos internos, além de possíveis interrupções no funcionamento do comércio.

1.1.1 Distorções harmônicas

As distorções harmônicas são distúrbios elétricos associados a deformações nas formas de onda das tensões e correntes em relação a onda senoidal da frequência fundamental. A tabela 1 apresenta as terminologias utilizadas e a tabela 2 os limites correspondentes ao máximo valor desejável a ser observado no sistema de distribuição. (ANEEL, 2017)

Tabela 1 – Terminologia das distorções harmônicas

Identificação da Grandeza	Símbolo
Distorção harmônica total de tensão	DTT%
Distorção harmônica total de tensão para as componentes pares não múltiplas de 3	DTT _p %
Distorção harmônica total de tensão para as componentes ímpares não múltiplas de 3	DTT _i %
Distorção harmônica total de tensão para as componentes múltiplas de 3	DTT ₃ %

Fonte: ANEEL (2017)

Tabela 2 – Limites das distorções harmônicas totais

Indicador	Tensão nominal		
	V_n ≤ 1,0 kV	1,0 kV < V_n < 69 kV	69 kV ≤ V_n < 230kV
DTT95%	10,0%	8,0%	5,0%
DTT _p 95%	2,5%	2,0%	1,0%
DTT _i 95%	7,5%	6,0%	4,0%
DTT ₃ 95%	6,5%	5,0%	3,0%

Fonte: ANEEL (2017)

1.1.2 Desequilíbrio de tensão

O desequilíbrio de tensão é um distúrbio elétrico caracterizado pela diferença verificada nas amplitudes entre as três tensões de fase de um determinado sistema trifásico e ou na defasagem elétrica de 120° entre as tensões de fase do mesmo sistema. A tabela 3 apresenta as terminologias utilizadas e a tabela 4 os limites correspondentes ao máximo valor desejável a ser observado em um sistema de distribuição. (ANEEL, 2017)

Tabela 3 – Terminologia do desequilíbrio de tensão

IDENTIFICAÇÃO DA GRANDEZA	SÍMBOLO
Valor do indicador FD% que foi superado em apenas 5 % das 1008 leituras válidas	FD95%

Fonte: ANEEL (2017)

Tabela 4 – Limites para os desequilíbrios de tensão

Indicador	Tensão nominal	
	V_n ≤ 1,0 kV	1 kV < V_n < 230kV
FD95%	3,0%	2,0%

Fonte: ANEEL (2017)

1.1.3 Flutuação de tensão

A flutuação de tensão é um distúrbio elétrico caracterizado pela variação aleatória, repetitiva ou esporádica do valor eficaz ou de pico da tensão instantânea. A tabela 5 apresenta as terminologias utilizadas e a tabela 6 apresenta os limites

correspondentes ao máximo valor desejável a ser observado em um sistema de distribuição. (ANEEL, 2017)

Tabela 5 – Terminologia da flutuação de tensão

Identificação da Grandeza	Símbolo
Valor do indicador Pst que foi superado em apenas 5 % das 1008 leituras válidas	Pst95%

Fonte: ANEEL (2017)

Tabela 6 – Limites para as flutuações de tensão

Indicador	Tensão nominal		
	$V_n \leq 1,0\text{kV}$	$1,0\text{kV} < V_n < 69\text{kV}$	$69\text{kV} \leq V_n < 230\text{kV}$
Pst95%	1,0 pu	1,5 pu	2,0 pu

Fonte: ANEEL (2017)

1.1.4 Variação de frequência

A variação de frequência é um distúrbio elétrico caracterizado pela variação no valor padrão de regime permanente. Durante a presença destes distúrbios, as seguintes características podem ser definidas como distúrbio para frequência de operação 60 Hz:

- Exceder 66 Hz ou ser inferior a 56,5 Hz em condições extremas;
- Permanecer acima de 62 Hz por mais de 30 (trinta) segundos ou 63,5 por mais de 10 (dez) segundos;
- Permanecer abaixo de 58,5 Hz por mais de 10 (dez) segundos e abaixo de 57,5 Hz por mais de 5 (cinco) segundos.

1.1.5 Variação de tensão de curta duração

Variações de tensão de curta duração (VTCD) são desvios significativos na amplitude do valor eficaz da tensão durante um intervalo de tempo inferior a três minutos. A tabela 7 apresenta a classificação das variações de tensão de curta duração.

Tabela 7 – Classificação das variações de tensão de curta duração

Classificação	Denominação	Duração da Variação	Amplitude da tensão (valor eficaz) em relação à tensão de referência
Variação Momentânea de Tensão	Interrupção Momentânea de Tensão	Inferior ou igual a três segundos	Inferior a 0,1 p.u
	Afundamento Momentâneo de Tensão	Superior ou igual a um ciclo e inferior ou igual a três segundos	Superior ou igual a 0,1 e inferior a 0,9 p.u
	Elevação Momentânea de Tensão	Superior ou igual a um ciclo e inferior ou igual a três segundos	Superior a 1,1 p.u
Variação Temporária de Tensão	Interrupção Temporária de Tensão	Superior a três segundos e inferior a três minutos	Inferior a 0,1 p.u
	Afundamento Temporário de Tensão	Superior a três segundos e inferior a três minutos	Superior ou igual a 0,1 e inferior a 0,9 p.u
	Elevação Temporária de Tensão	Superior a três segundos e inferior a três minutos	Superior a 1,1 p.u

Fonte: ANEEL (2017)

1.2 OBJETIVO

Observada tal necessidade em proteger cargas importantes em grandes empresas, este trabalho tem como meta apresentar o dimensionamento de componentes para um sistema de alimentação ininterrupta em uma torre de transmissão televisiva utilizando o modelo adequado com base na análise das cargas e condições locais, além de satisfazer a necessidade da suposta empresa de telecomunicações que requisitou o sistema.

Os cálculos são desenvolvidos, principalmente, para reforçar o aprendizado em relação ao dimensionamento das instalações elétricas, sendo assim, a planta baixa e infraestrutura não são reais, mas permite reproduzir os conceitos e métodos essenciais ao dimensionamento do sistema em estudo. É importante ressaltar que informações não relativas ao dimensionamento elétrico como consumo de combustível, sistema de refrigeração e exaustão de gases não são apresentados, pois este tópico está fora do escopo dos objetivos estabelecidos para esse trabalho de graduação.

1.3 ESTRUTURA DO TRABALHO

Referente à estrutura deste trabalho, no Capítulo 2 são apresentadas as revisões de literatura sobre todos os componentes implementados contendo definições teóricas e equações sobre os tópicos essenciais. No capítulo 3 são realizadas as considerações iniciais e dimensionamento através de cálculos, onde todos os resultados são apresentados em tabelas. No capítulo 4 apresenta-se todos os diagramas elétricos unifilares, multifilares e planta elétrica construídos dados os resultados obtidos no capítulo anterior, além de criar uma simulação via software mostrando todos os regimes que o sistema possui. Por fim o capítulo 5 apresenta a conclusão sobre todo o projeto realizado e se o resultado foi satisfatório, considerando que foi utilizado informações fictícias apenas para apresentação do trabalho.

2 DEFINIÇÕES TEÓRICAS E EQUAÇÕES DO SISTEMA

Para realizar corretamente o dimensionamento completo de um sistema de fornecimento reserva e de forma ininterrupta é necessário entender um pouco sobre os principais componentes a serem dimensionados e implementados.

2.1 SISTEMAS ININTERRUPTOS DE ENERGIA (UPS)

Existem vários componentes projetados para proteção de cargas críticas, um dos mais comuns é o sistema ininterrupto de energia ou *Uninterruptible Power Supply* (UPS ou Nobreak) com o objetivo principal de monitorar e manter a qualidade da energia elétrica em situações de anormalidade nas cargas críticas.

Os tradicionais sistemas ininterruptos de energia com potência superior a 5 kVA são indispensáveis em aplicações comerciais/industriais, onde a continuidade do fornecimento de energia às cargas críticas é de vital importância. Atualmente, estes sistemas em sua maioria pertencem à categoria dupla conversão e garantem a isolação galvânica a partir do uso de transformadores com núcleo aço-silício, que são grandes e pesados operando em 50Hz ou 60Hz. Para isso é possível definir dois principais modelos, separadas através do sistema de transferência e do tipo de fornecimento elétrico reserva (VERTIV, 2022).

A primeira opção é composta por banco de baterias. Esta é a opção mais utilizada atualmente devido ao tempo em que o sistema pode funcionar independentemente do grupo motor gerador (GMG) da instalação. Possui a maior durabilidade dos sistemas (25 anos ou mais), porém é a opção mais cara e requer um cuidado maior devido ao manuseio de produtos químicos, principalmente ácidos, e manutenção regular para troca e limpeza das baterias (MCFARLANE, 2022).

Em seguida existe o modelo DRUPS (*Diesel Rotary UPS*) que, ao invés de baterias para manter a alimentação durante o intervalo de partida do gerador, utiliza-se um volante de inércia capaz de acumular energia cinética em um acoplamento indutivo enquanto o gerador opera como compensador síncrono e o motor paralisado, desacoplado por uma embreagem. Quando o sistema precisa atuar na rede, a energia cinética armazenada no acoplador indutivo é usada para gerar energia para as cargas até que o motor possa partir e assumir o suprimento de potência mecânica no eixo. Estes sistemas DRUPS não são indicados em todas as situações, pois possuem um custo alto de implantação. Equipamentos desse porte começam a ficar viáveis quando operam na faixa dos 1 MVA, algo comum em grandes *data centers* (MCFARLANE, 2022).

2.1.1 Componentes principais de um UPS

Em um UPS existe componentes essenciais independente da sua topologia, eficiência ou qualidade.

2.1.1.1 Retificador

Componente composto por semicondutores, com o objetivo de converter corrente alternada em contínua para alimentar as baterias e, em modelos mais complexos, suprir a carga do inversor além de aliviar perdas nas cargas. Em algumas topologias, o circuito retificador e carregador funcionam de forma independentes, trazendo benefícios ao UPS.

Durante a operação do retificador, são geradas frequências harmônicas já conhecidas dependendo da topologia que este bloco é projetado. Estas frequências podem possivelmente causar danos na alimentação principal da instalação como aquecimento nos cabos e disjuntores, alteração no fator de potência dos equipamentos entre outras anormalidades resultando em um alto consumo elétrico e consequentemente alto valor na conta de energia.

Para rendimento máximo do retificador, é necessário que seja projetado para recarregamento no menor tempo possível, sem causar dano ao banco de baterias do UPS, em relação ao tempo de vida e performance. Deve-se considerar o efeito das harmônicas no dimensionamento do equipamento.

2.1.1.2 Inversor

Considerado o oposto do retificador, o inversor converte corrente contínua proveniente do retificador, ou do banco de bateria, em um sinal senoidal possuindo frequência e tensão regulados em seu valor nominal. Este bloco no sistema compõe semicondutores do tipo transistores de potência de chaveamento rápido (IGBT) e este chaveamento é realizado a uma frequência superior a 60 Hz da frequência fundamental.

Este é considerado o componente mais importante de qualquer UPS pois é através de seu desempenho que se define a eficiência de fornecimento de energia nas cargas instaladas, assim sendo, parte crucial na definição da categoria do equipamento.

2.1.1.3 Sistema de armazenamento de energia

Responsável pela alimentação reserva durante faltas na rede elétrica. Este sistema pode ser composto, tanto por banco de baterias, quanto pelos volantes de inércia. Para este bloco, existe alguns cuidados fundamentais como a troca do banco de baterias e possíveis manutenções com o intuito de manter a integridade de todo o sistema.

2.1.1.4 Chaves estáticas

Tem como função transferir de forma eletrônica a carga para a rede de entrada do UPS em caso de faltas no fornecimento pela concessionária, ou para realização de possíveis manutenções preventivas e corretivas.

Quando o UPS se encontra no modo normal (fornecimento elétrico pela rede), a energia também se mantém disponível para a entrada desta chave. O inversor verifica se há tensão na entrada do equipamento, caso contrário ela comuta para modo de fornecimento reserva através do sistema de armazenamento do *Nobreak*.

2.1.2 Classificação dos UPS

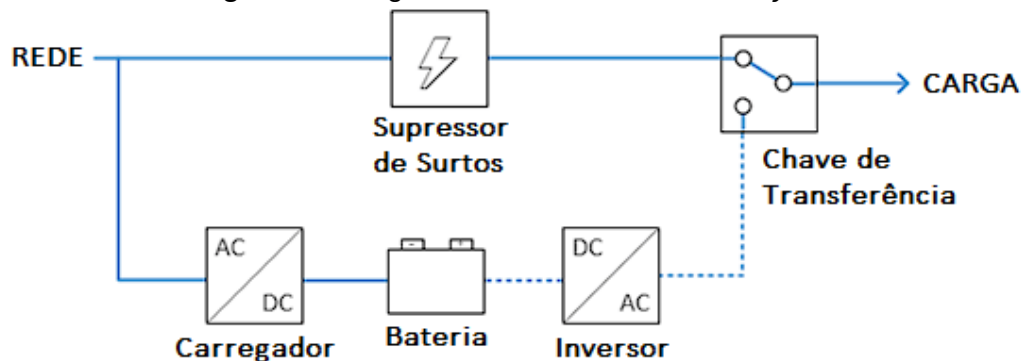
Existem três principais modelos de UPS disponíveis no mercado. Estas topologias variam de uso em pequenas residências até enormes gabinetes para proteção de cargas industriais críticas.

2.1.2.1 *Stand-by*

O UPS *Stand-by* (ou espera passiva) é constituída por uma chave, carregador, banco baterias, e inversor. Dada a posição da chave no dispositivo, é possível dividir o modo de operação em dois estágios sendo que a escolha depende da viabilidade e condições da tensão permitida na instalação elétrica local. Quando o UPS está em modo rede, o aparelho recebe a energia do sistema elétrico da concessionária, o carregador promove a carga nas baterias e o inversor fica em modo *stand-by*. Quando em modo bateria, a chave comuta a conexão do inversor à carga, mantendo a continuidade de fornecimento elétrico provido através da energia armazenada no banco de baterias. (APOLINÁRIO, 2017).

Este sistema possui proteção apenas contra surtos elétricos de interrupção e afundamento/elevação instantânea de tensão devido a inexistência de isolação galvânica, regulação da tensão na carga, alto tempo de transferência da chave mecânica e baixo desempenho dada as cargas não lineares. Porém a quantidade reduzida de elementos e simplicidade do dispositivo promovem o baixo custo do equipamento, sendo adequado a equipamentos eletrônicos pouco sensíveis e de uso individual (APOLINÁRIO, 2017).

Devido ao baixo custo e poucos componentes no seu sistema, esta tecnologia é adequada apenas para sistemas com potência aparente abaixo de 1,5 kVA como, por exemplo, pequenos escritórios e computadores residenciais. A Figura 2 apresenta o diagrama de blocos de um UPS *stand-by* (VERTIV, 2022).

Figura 2 – Diagrama de blocos UPS *Standby*

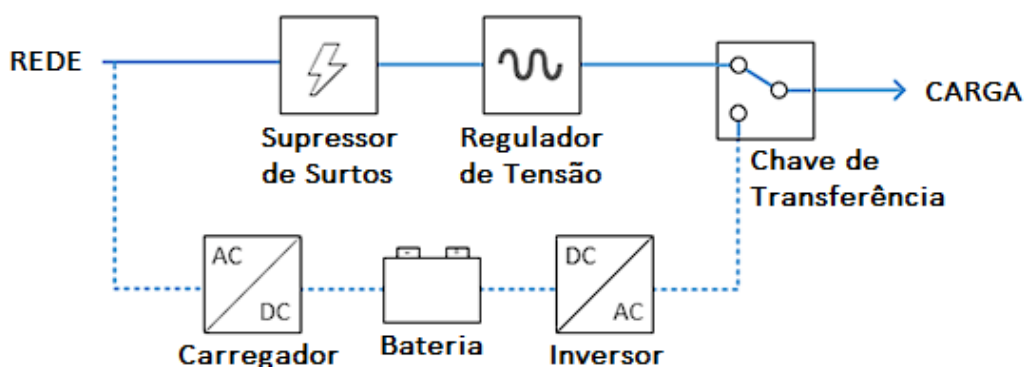
Fonte: Eaton (2023)

2.1.2.2 Linha interativa

O UPS Linha Interativa (ou *Line Interactive*) possui circuito de interface, um inversor bidirecional, paralelo e próximo a carga, e banco de baterias. Este sistema também possui dois modos de operação baseados nas condições de tensão na rede elétrica. Quando em modo rede, a alimentação é provida pela concessionária, o circuito de interface fornece tensão na tolerância permitida para a carga e o inversor carrega as baterias além de compensar componentes reativos no sistema. Quando o UPS entra em modo bateria, a única mudança no sistema é no inversor que mantém a continuidade do sistema através do fornecimento de energia elétrica armazenada nas baterias (APOLINÁRIO, 2017).

Além da proteção dos mesmos distúrbios elétricos no UPS *stand-by*, agora este sistema também possui proteção contra afundamentos/elevações momentâneas de tensão (*Brownouts* e *Swells*) devido a adição do circuito de interface, que promove o controle desses rápidos surtos na rede elétrica. Nesta topologia e na *stand-by*, é utilizada uma chave de transferência cujo tempo de chaveamento varia entre 4 e 8 milissegundos, portanto ainda é possível observar certa oscilação no sistema na hora da comutação (APOLINÁRIO, 2017).

A principal vantagem desse equipamento é a existência de mais espaço para adição de cargas para proteção no dispositivo, podendo chegar a valores de potência aparente de até 5 kVA. Além disso, a simplicidade e custo reduzido são mantidos para valores de potência, porém a desvantagem é ausência de isolamento da carga frente à rede elétrica e a dependência da frequência. A Figura 3 apresenta o diagrama de blocos de um UPS linha interativa (VERTIV, 2022).

Figura 3 - Diagrama de blocos UPS Linha Interativa

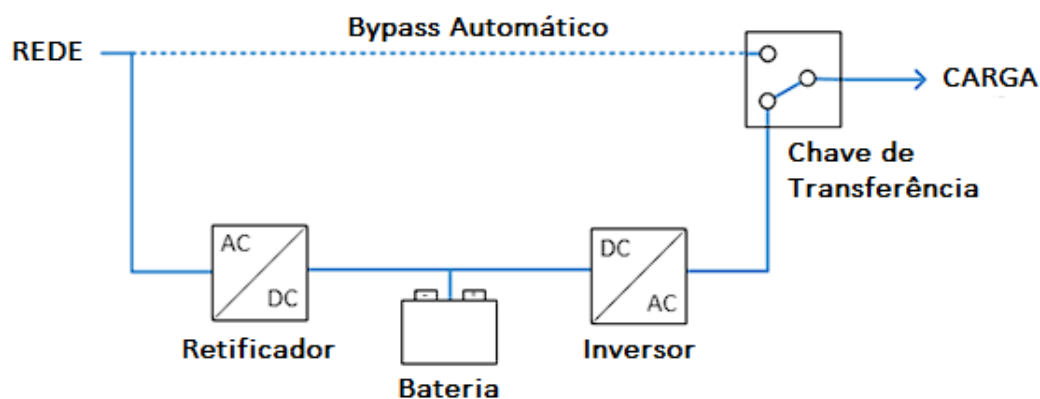
Fonte: Eaton (2023)

2.1.2.3 Online dupla conversão

O UPS *online* dupla conversão possui chave *by-pass*, retificador, inversor em série com a carga sincronizado com a rede elétrica e banco de baterias. Este sistema, diferente dos citados anteriormente, pois possui três modos de operação baseados nas condições de tensão na rede elétrica durante seu funcionamento. Quando em modo rede, a energia é fornecida pela concessionária no retificador e inversor que se encontram em série. Quando em modo bateria, o fornecimento elétrico é mantido através do inversor em função do banco de baterias. Por fim, o novo modo *bypass* permite a transferência da energia suprida de moto total, ou parcial em decorrência de sobrecarga ou falta no *Nobreak* através da chave adicionada no sistema (APOLINÁRIO, 2017).

Devido a alimentação contínua das cargas através deste UPS, a saída permanece como uma onda senoidal pura e perfeita. Este equipamento é capaz de proteger as cargas críticas de praticamente todos os distúrbios elétricos incluindo os problemas relacionados à frequência da rede como transitórios, ruídos e distorções harmônicas. Além disso, devido ao uso de chave estática *bypass*, o tempo de transferência para o modo bateria é zero, resultando em nenhuma alteração na tensão de saída ou na forma de onda. O inversor está sempre em funcionamento e sincronizado à chave estática e, por isso, pronto para suprir as cargas após um surto elétrico. É adequado a dispositivos com cargas sensíveis como grandes centros de dados e telecomunicações.

A grande quantidade de componentes e, conseqüentemente, elevado número de estágios também encarece esta topologia de equipamento sendo recomendado o uso desse UPS apenas em grandes indústrias e comércios. Os valores de potência aparente do *nobreak* podem variar entre 5kVA até 500kVA para modelos que utilizam banco de baterias. A Figura 4 apresenta o diagrama de blocos de um UPS *online* dupla conversão.

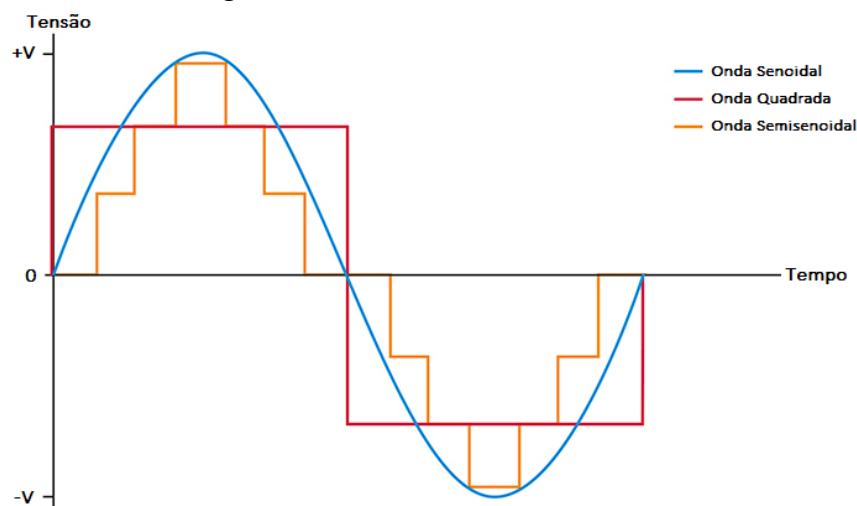
Figura 4 - Diagrama de blocos UPS *online* dupla conversão

Fonte: Eaton, 2023

2.1.3 Formas de onda

Outra consideração importante é o tipo de onda fornecida pelo UPS. O fornecimento elétrico pela concessionária deve fornecer uma forma de onda puramente senoidal, desconsiderando quaisquer faltas ou distúrbios. Portanto, produtos elétricos são normalmente criados com a intenção de serem alimentados por este tipo de onda.

Existem três tipos de ondas que um UPS pode formar: Quadrada, Semisenoidal e Senoidal. Mesmo que o fornecimento não aconteça da melhor forma possível, em cargas de equipamentos mais simples podem funcionar normalmente. Porém existem aquelas em que a alteração abrupta de tensão e corrente podem danificar seu sistema. A Figura 5 apresenta um gráfico representando as possíveis formas de onda de tensão em função do tempo (KSTAR, 2020).

Figura 5 – Formas de onda no UPS

Fonte: Kstar (2020)

A melhor forma de onda é a senoidal pois possui idealmente a mesma forma de um sinal elétrico de corrente alternada da concessionária. Quanto melhor a qualidade dos componentes usados no UPS, mais próximo do valor ideal é a forma de onda na

saída, mas maior é o custo deste equipamento. Para o UPS *online* de dupla conversão, esta forma de onda é essencial já que as cargas estão sempre sendo alimentadas pelo inversor. Atualmente, o avanço tecnológico dos UPS permite que esses equipamentos sejam mais acessíveis devido ao sistema não ser encontrado apenas em modelos de alto nível no mercado.

Já a onda quadrada tem pior resultado na saída do um UPS, seria como uma versão “achatada” da onda senoidal. Em vez da tensão suavemente oscilar do máximo negativo para o máximo positivo e vice-versa, ela muda abruptamente e mantém, repetitivamente, seu valor constante durante metade de um ciclo. Esta forma de onda tem seus inversores projetados de forma muito simples em comparação com os outros componentes, barateando consideravelmente o dispositivo. Existem muitas razões por esta forma de onda ser conhecida por poder causar problemas a equipamentos eletrônicos que exigem mais qualidade na energia. Uma delas é que o pico de tensão da forma de onda quadrada é substancialmente menor que o valor de pico da entrada original (forma senoidal), também pode-se citar a grande quantidade de harmônicas geradas na onda quadrada causando ruídos nocivos a algumas cargas.

Por fim, a onda semisenoidal, conhecida também como “onda quadrada modificada”, é considerada uma média entre onda quadrada e senoidal. Os pulsos positivos e negativos são separados e bem menores, desta forma os picos da tensão e corrente resultantes ficam bastante próximos aos valores de uma onda senoidal, portanto ela é também chamada de “aproximação degrau de uma onda senoidal”. Além disso, o custo dos componentes para a geração desta onda é próximo ao valor dos que produzem uma onda quadrada, deixando ainda acessível o uso popular do equipamento. Poucos equipamentos possuem problemas com a potência gerada através dessa forma de onda modificada em comparação a quadrada e é normalmente utilizada na maioria dos UPS de pequeno e médio porte.

2.1.4 Requisitos para projeto e instalação

Algumas normas devem ser consideradas em projetos que incluem os sistemas UPS em relação aos critérios de dimensionamento, proteção do sistema e cuidados com os espaços e ambientes dos equipamentos sempre com o objetivo de alimentar uma carga crítica impedida de sofrer interrupções na alimentação independentemente da complexidade do equipamento (TOSSI, 2015).

2.1.4.1 Dimensionamento do UPS

O sistema UPS deve ser medido para atender potência ativa da carga, seja ele como equipamento individual, ou um conjunto operando em paralelo. A expressão (1) apresenta o dimensionamento do equipamento.

$$S_{UPS} = \frac{P_c}{fp * n * fcm} \quad (1)$$

Sendo:

- S_{UPS} : Potência aparente do UPS (kVA);

- P_c : Potência ativa da carga (kW);
- f_p : Fator de potência de saída do UPS;
- n : Rendimento do inversor do UPS;
- f_{cm} : Fator de carregamento máximo admitido pela UPS.

Observações:

- a) A potência aparente é o valor a ser encontrado e define o modelo do equipamento a ser escolhido conforme o valor fornecido pelo fabricante. A escolha sempre deve ser feita baseado no valor superior e mais próximo possível dos modelos disponíveis no mercado;
- b) A potência ativa da carga representa a demanda máxima prevista para alimentação além da consideração do valor reserva para possíveis expansões no futuro. Portanto, este valor não representa a potência da carga total dos equipamentos instalados, mas sim o valor máximo considerando futuros aumentos na carga;
- c) O fator de potência de saída do UPS depende do retificador implementado na topologia do UPS;
- d) O rendimento deve ser considerado apenas o do inversor pois ele é o fator que define a potência nominal da saída do UPS;
- e) O fator de carregamento máximo do UPS relaciona a potência nominal da carga quando ela se encontra no limite máximo, por exemplo, ao alimentar a carga por um UPS que representa 95% do seu valor nominal, o f_{cm} será de 0,95.

Portanto, o melhor modo de dimensionar um sistema completo é considerar a potência aparente do sistema, sendo que os equipamentos disponíveis no mercado possuem potência nominal dada em kVA. Esse passo pode ser simplificado, evitando a conversão, quando o valor se encontra em kW.

2.1.4.2 Dimensionamento dos circuitos alimentadores

Os circuitos que alimentam o UPS seguem os métodos tradicionais indicados pela ABNT 5410 item 5.3.4 e 5.3.5 (segunda edição), obedecendo os métodos de instalação e coordenação com os dispositivos de proteção seguindo corretamente as devidas restrições (TOSSI, 2015).

Resumidamente, devem ser seguidas duas expressões principais, (2) e (3), para satisfazer os requisitos de proteção nos circuitos alimentadores.

$$I_b < I_n < I_z \quad (2)$$

$$I_2 < 1,45 * I_z \quad (3)$$

Sendo:

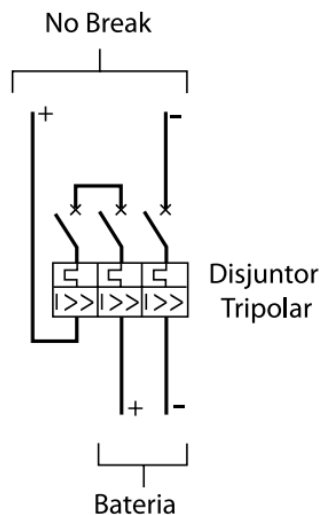
- I_b : Corrente de projeto do circuito a dimensionar;
- I_n : Corrente de atuação do dispositivo de proteção do circuito;
- I_z : Capacidade de condução dos cabos do circuito baseado na instalação;

- I_2 : Corrente convencional de atuação para disjuntores e de fusão para fusíveis.

Para o circuito alimentador do retificador, considera-se nos cálculos a potência de entrada do equipamento nas condições de recarga das baterias pois a potência neste estágio do UPS é na média 20% do valor nominal sendo este o maior valor de potência exigido pelo equipamento. Outra opção para seleção dos disjuntores é a consulta do manual do UPS adquirido e análise do disjuntor do banco de bateria recomendado para a instalação desta proteção (TOSSI, 2015).

Como o circuito das baterias conduz apenas a corrente contínua, deve-se consultar o fabricante do equipamento para realizar a conexão correta dos cabos em disjuntores tripolares. A Figura 6 apresenta a ligação mais usual encontrada nos UPS atuais.

Figura 6 – Conexão de disjuntor tripolar para corrente contínua



Fonte: Tossi (2015)

2.1.4.3 Dimensionamento junto ao grupo gerador

Para a adição do UPS junto ao grupo gerador, deve-se considerar a potência máxima de alimentação e distorções harmônicas causadas pelo *nobreak* devido ao sistema ser uma carga não linear.

A potência máxima exigida precisa considerar o UPS e seu retificador em modo de recarga de bateria. Para sistemas de grande porte, existe a possibilidade de ajuste em diferentes configurações de alimentação para que, em caso de alimentação pelos geradores, seja possível o ajuste de valores menores. Por fim, é importante considerar a adição de cargas complementares, como aparelhos de ventilação, ar-condicionado, entre outras, ao instalar a UPS (TOSSI, 2015).

Para as distorções harmônicas totais, do Inglês *Total Harmonic Distortion* (THD), deve se observar o número de pulsos do retificador. As principais topologias e suas taxas de distorções harmônicas totais são descritas na Tabela 8.

Tabela 8 – Distorções harmônicas e fator de potência em retificadores

<i>Retificador</i>	<i>THDi</i>	<i>PF</i>
Retificador 6 pulsos (SCR)	27%	0,85
Retificador 6 pulsos (SCR) com filtro	8%	0,85
Retificador a SCR 6 pulsos com Booster	8%	0,95
Retificador a SCR de 12 pulsos	5%	0,92
Retificador a IGBT	3%	0,99

Fonte: Tossi (2015)

- a) Retificador de 6 pulsos (SCR) – Também chamado de retificador de 6 pulsos a SCR (*Silicon Controlled Rectifier* ou Retificador controlado de Silício), é o sistema comercialmente mais utilizado em UPS. Este modelo gera harmônicos de 5ª e 7ª ordens possuindo THD em 27% e o fator de potência aproximada de 0,85 na melhor condição possível;
- b) Retificador de 6 pulsos (SCR) com filtro – Topologia convencional de 6 pulsos, mas é instalado um filtro regulado na 5ª harmônica (300 Hz) reduzindo THD para 8% e fator de potência permanece inalterado. Este sistema é adequado quando se quer trabalhar com a carga próximo ao 100% da potência máxima, pois quando o UPS opera a valores inferiores a 50% da nominal ela fica com características altamente capacitivas, causando assim problemas à operação de geradores a diesel emergenciais;
- c) Retificador de 6 pulsos (SCR) com *booster* – Semelhante às topologias apresentadas anteriormente, porém é adicionado na saída do retificador um circuito composto por transistores e um oscilador LC com a função de elevar a tensão retificada pelo conjunto de SCRs de entrada. A adição desse sistema provoca um aumento na condução dos retificadores que leva a tensão e corrente de entrada praticamente em fase, elevando desta forma o fator de potência para 0,95 e THD em 8%;
- d) Retificador de 12 pulsos (SCR) – Possui dois retificadores de 6 pulsos cada um responsável por metade da capacidade do UPS e com suas saídas conectadas em paralelo e entradas defasadas 30° elétricos devido a um transformador triângulo-estrela em um dos ramos. Este sistema reduz a THD para 5% e permite o fator de potência alcançar aproximadamente 0,91 além de oferecer isolamento galvânica entre rede e carga, porém há uma pequena queda no rendimento em relação ao retificador de 6 pulsos;
- e) Retificador a IGBT (*Insulated Gate Bipolar Transistor*) – A tecnologia mais recente das apresentadas anteriormente movido a transistores bipolares de porta isolada (IGBT), de forma simplificada parece ser um inversor de UPS rebatido e alimentado com corrente alternada e fornecendo corrente contínua já amplificada. Os IGBTs funcionam da mesma forma que o *booster*, pois ao retificar a tensão DC, a eleva simultaneamente. Possui um controle complexo por equilibrar correntes de entrada e realiza o seu sincronismo com a tensão. Este sistema é capaz de reduzir a THD para 3%, mantém o fator de potência em até 0,99 e a eliminação da isolamento galvânica, pois o IGBT eleva a tensão

DC a níveis tão adequados que não é mais necessário transformador elevador na saída.

A influência do retificador causa um superdimensionamento na carga do UPS. Para as características do alternador já selecionado no gerador utiliza-se o cálculo do fator de dimensionamento:

$$\frac{S_{GMGmin}}{S_{UPSmax}} \geq \frac{X_d'' Ger * Kups}{THDv\%} = R_{dim} \quad (4)$$

Sendo:

- R_{dim} : Fator de dimensionamento;
- S_{GMGmin} : Potência aparente mínima do GMG em regime contínuo;
- S_{UPSmax} : Potência aparente máxima na entrada da UPS (incluindo recarga de bateria);
- $X_d'' Ger$: Reatância subtransitória do eixo direto do alternador;
- $THDv\%$: Distorção harmônica de tensão admitida pelo gerador;
- $Kups$: Fator de multiplicação dependente do retificador.

Para o componente $Kups$ o fator de multiplicação é apresentado na Tabela 9.

Tabela 9 – Fator de multiplicação para diferentes retificadores da UPS

<i>Tipo de Retificador</i>	<i>Kups</i>
6 pulsos	1,5
6 pulsos com filtro	1,0
6 pulsos com booster	0,8
12 pulsos	0,8
IGBT	0,7

Fonte: Tossi (2015)

Por fim, multiplica-se o fator de dimensionamento pela potência aparente de entrada da UPS resultando, desta forma, no valor de potência aparente corrigida na carga do gerador dimensionado.

$$S_{UPScor} = S_{UPSmax} * R_{dim} \quad (5)$$

Sendo:

- S_{UPScor} : Potência aparente corrigida do UPS.

2.2 GRUPO MOTOR-GERADOR

Os GMGs são sistemas de geração elétrica que convertem energia mecânica, cinética rotacional, em energia elétrica na forma de corrente alternada. Estes

equipamentos robustos são largamente utilizados para a geração de energia elétrica em caso de falta na rede ou para suprir parte da demanda dos consumidores, principalmente, nas áreas comercial e industrial (PEREIRA, 2013).

Na maioria das vezes os grupos motores geradores trabalham com velocidade constante proporcional à frequência da rede ou a utilizada na carga do circuito local, necessitando de um equilíbrio entre a força exercida para manter esta rotação constante.

2.2.1 Motores a diesel

Motores a diesel são máquinas térmicas alternativas de combustão interna destinadas ao suprimento de energia mecânica, ou força motriz de acionamento. Segundo sua aplicação, pode-se classificar os motores em 4 tipos básicos:

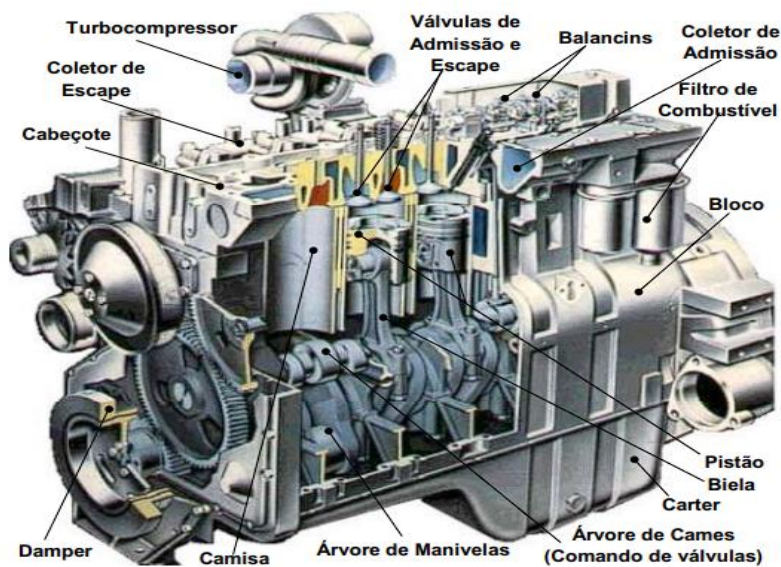
- a) Estacionários: Utilizados em máquinas estacionárias como geradores, máquinas de solda, bombas entre outros usos que operam com rotação constante;
- b) Industriais: Utilizados em máquinas de construção civil, como tratores, carregadeiras, guindastes, compressores, entre outras aplicações;
- c) Veiculares: Utilizados em veículos de transporte como caminhões e ônibus;
- d) Marítimos: Utilizados na propulsão de barcos e máquinas navais.

Além dos usos em diferentes setores, também pode-se dividir a máquina em setores que o compõem da seguinte forma:

- a) Sistema de admissão de ar;
- b) Sistema de combustível, no caso óleo diesel;
- c) Sistema de lubrificação;
- d) Sistema de arrefecimento;
- e) Sistema de exaustão ou escapamento de gases;
- f) Sistema de partida.

A Figura 7 são apresentados os componentes responsáveis por transformar os movimentos alternativos dos pistões de um motor em movimento rotativo da árvore das manivelas onde se transmite energia mecânica aos equipamentos acionados como por exemplo um alternador (PEREIRA, 2012).

Figura 7 – Motor diesel CUMMINS 3CR08.3 visto em corte



Fonte: Pereira (2012)

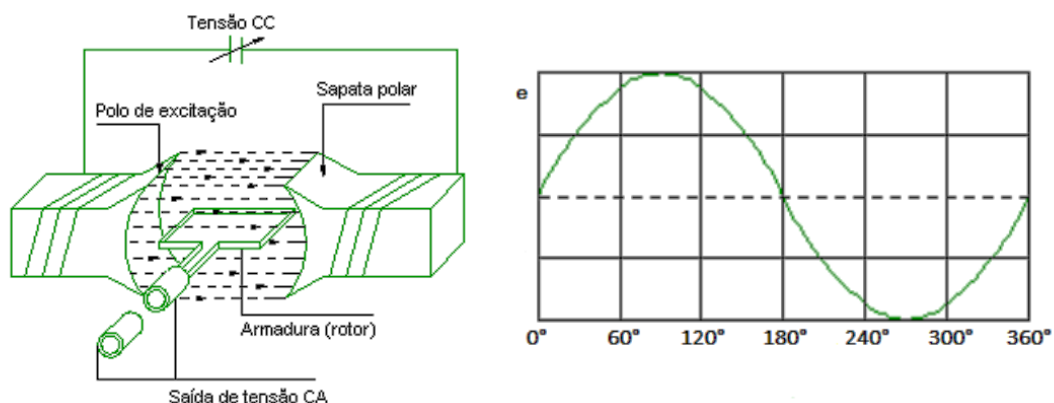
Os valores de potência são comumente apresentados em HP (*horse-power*) ou CV (Cavalo vapor), sendo que 1 CV é equivalente a 735,5 W. Esta indicação representa a quantidade de trabalho que ele é capaz de realizar por unidade de tempo e pode aparecer comumente em manuais das máquinas.

2.2.2 Gerador síncrono

Componente principal do GMG e converte a energia mecânica em energia elétrica através do movimento relativo entre as espiras e do campo magnético do gerador, também chamado de alternador.

A rotação do gerador é diretamente relacionada ao número de polos magnéticos e a frequência da força eletromotriz. A Figura 8 apresenta o sistema elementar de geração através de uma armadura girante com velocidade uniforme seguido do gráfico de indução eletromagnética sob um polo.

Figura 8 – Gerador elementar e gráfico força eletromotriz (e) em um polo



Fonte: WEG (2020)

Conforme a Segunda Lei de Faraday, a fórmula do valor instantâneo induzido no condutor na forma de movimento rotacional é definida por:

$$e = B * I * v * \text{sen}(B^{\wedge}v) \quad (6)$$

Sendo:

- e : Força eletromotriz (f.e.m);
- B : Indução do campo magnético;
- I : Comprimento de cada condutor;
- v : Velocidade linear.

Considerando N espiras, a fórmula resultante é:

$$e = B * I * v * \text{sen}(B^{\wedge}v) * N \quad (7)$$

2.2.2.1 Tipo de excitação

Existem duas formas para a alimentação de um enrolamento de campo com corrente contínua para a sincronização:

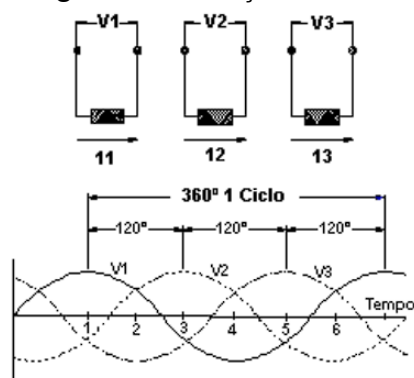
- a) Por escovas: Utilizada para ter contato entre o coletor (anel comutador) e a carga, onde é comprimida no rotor;
- b) Sem escovas (*brushless*): Realizada com o enrolamento de campo (parte da excitação) curto-circuitado com a armadura (parte induzida) conectada à rede.

O enrolamento deve ser curto-circuitado com o objetivo de evitar a indução de tensão muito alta nas espiras podendo causar perfuração no isolamento.

2.2.2.2 Tipos de conexões trifásicas

O sistema trifásico é a associação de três sistemas monofásicos defasados de 120° entre si. O enrolamento desses geradores é constituído por três conjuntos de bobinas dispostas simetricamente, formando assim um ângulo de 120° . Para o equilíbrio desse sistema, as tensões de cada sistema e o número de espiras devem ser iguais. A Figura 9 apresenta visualmente esse sistema.

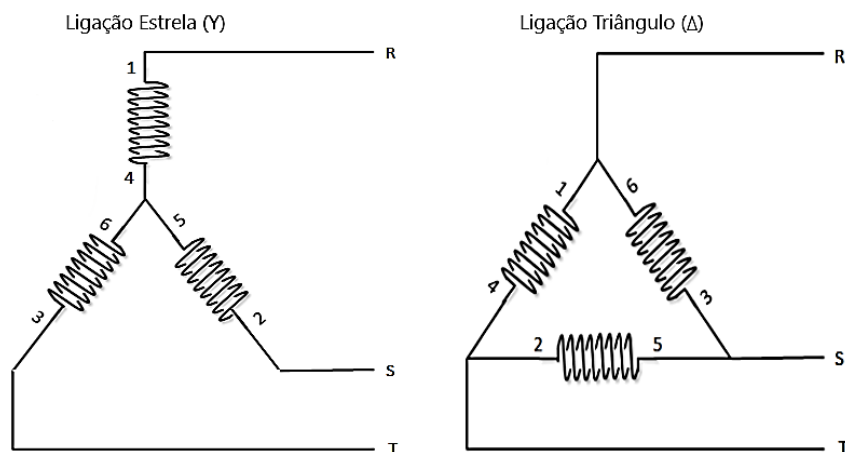
Figura 9 – Geração Trifásica



Fonte: WEG (2020)

Existem dois principais modos de conexão para o funcionamento como sistema trifásico, a ligação triângulo e a ligação estrela, apresentada pela Figura 10.

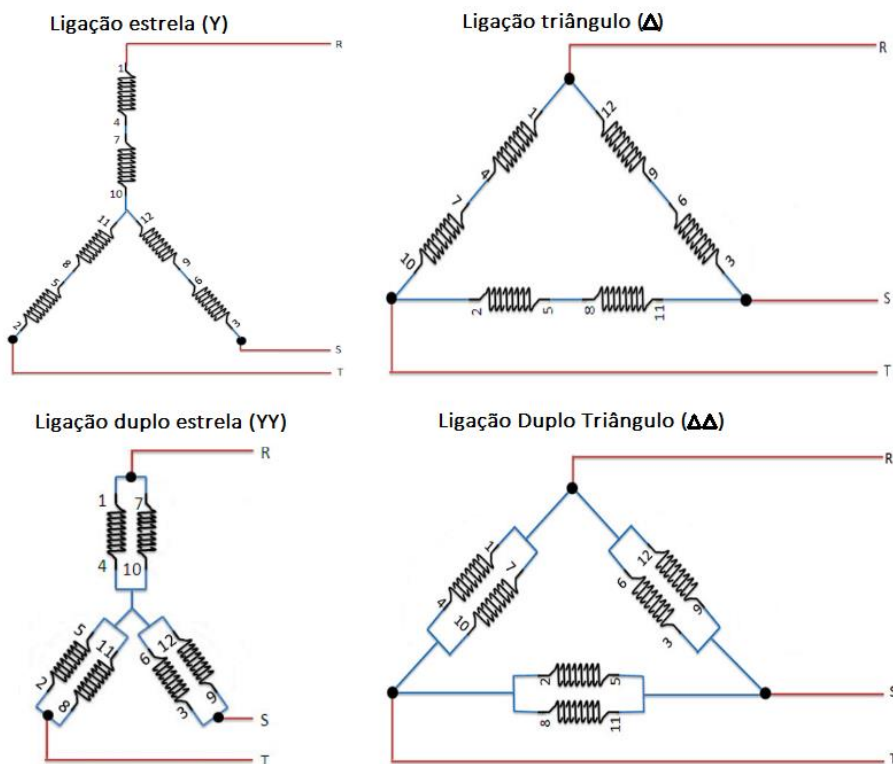
Figura 10 – Modos de ligação em gerador de 6 terminais



Fonte: Sala da Elétrica (2022)

Além disso, a Figura 11 apresenta as ligações para um gerador elétrico contendo 12 terminais. É possível observar que existe também as opções de ligação duplo estrela (YY) e duplo triângulo ($\Delta\Delta$) permitindo desta forma um total de 4 opções de tensão de linha gerada pela máquina.

Figura 11 – Modos de ligação em gerador 12 terminais



Fonte: Sala da Elétrica (2022)

2.2.3 Características de desempenho

Para selecionar corretamente o GMG, é necessário verificar algumas características importantes da máquina.

2.2.3.1 Frequência de operação

Para uma máquina contendo um par de polos, cada giro das espiras gera um ciclo completo de tensão, pode-se também adicionar um número maior de pares de polos nos enrolamentos que são distribuídas alternadamente, um norte e outro sul, adquirindo a característica de um ciclo a cada par de polos (WEG, 2020).

A fórmula da frequência de operação, em Hertz (Hz), desta máquina é representada por:

$$f = (p * n) / 120 \quad (8)$$

Sendo:

- f : Frequência (Hz);
- p : Número de polos;
- n : Rotação síncrona (rpm),

O número de polos da máquina deve ser sempre par pois a geração síncrona é formada sempre através de pares. Na Tabela 10, são apresentadas as velocidades síncronas mais comuns dadas as frequências e polaridades mais usuais (WEG, 2020)

Tabela 10 – Velocidades síncronas

Número de polos	60 Hz	50 Hz
2	3600	3000
4	1800	1500
6	1200	1000
8	900	750
10	720	600

Fonte: WEG (2020)

2.2.3.2 Potência nominal

Valor dado para a potência gerada considerando características padrões e em regime contínuo. Esta se encontra intimamente ligada à elevação de temperatura no enrolamento. Para determinação da potência do gerador em kW, a equação (9) pode ser utilizada (WEG, 2020).

$$P_g = \frac{P_n * \eta_g}{100} \quad (9)$$

Para o cálculo de potência aparente:

$$S = \frac{P_g}{\cos(\varphi)} = \frac{p_n * \eta_g}{100 * \cos(\varphi)} \quad (10)$$

Sendo:

- p_g : Potência ativa do gerador (kW);
- S : Potência aparente (kVA);
- P_n : Potência do motor acionante (kW);
- η_g : Rendimento do Gerador (%);
- $\cos(\varphi)$: Fator de potência.

Nota-se que para o cálculo deve-se ter o valor da potência do motor e o rendimento do gerador, ou seja, o motor que faz conjunto do gerador deve ser conhecido e previamente selecionado. Além disso, o valor de potência aparente junto ao fator de potência já são fornecidas nos catálogos.

2.2.3.3 Elevação de temperatura - Classe de isolamento

A elevação de temperatura descreve a capacidade do enrolamento do motor/gerador para lidar com o calor gerado durante seu funcionamento. Esta característica depende principalmente do tipo de material empregado. Para normalização adequada, os materiais e os sistemas de isolamento são agrupados nas chamadas classes de isolamento, definida por cada categoria baseada no limite de temperatura que o conjunto pode suportar sem afetar a vida útil. A Tabela 5 apresenta essas classes, além da composição de temperatura (TEIXEIRA, 2019).

Tabela 11 – Classes de isolamento

Classe de Isolamento		A	E	B	F	H
Temperatura ambiente	°C	40	40	40	40	40
Δt = elevação de temperatura (método de resistência)	°C	60	75	80	100	125
Diferença entre o ponto mais quente e a temperatura média	°C	5	5	10	15	15
Total: temperatura do ponto mais quente	°C	105	120	130	155	180

Fonte: WEG (2020)

2.2.3.4 Grau de proteção

Indica a resistência e a adequação do gerador para uso em ambientes externos ou internos, com uma atmosfera e condições variáveis de temperatura, umidade, ruídos

ou vapores tóxicos. A Tabela 12 apresenta as proteções para cada numeração dada no grau de proteção (IPs) (FIBRACEM, 2021).

Tabela 12 – Grau de Proteção (IPs)

1º NUMERAL CARACTERÍSTICO		2º NUMERAL CARACTERÍSTICO									
Grau de proteção contra objetos sólidos		Grau de proteção contra o ingresso prejudicial de água									
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	
Não protegido		Não protegido	Protegido contra quedas verticais de gotas d'água	Protegido contra quedas verticais de gotas d'água para uma inclinação máxima de 15°	Protegido contra água aspersão de um ângulo de 1 a 60°	Protegido contra projeções d'água	Protegido contra jatos d'água	Protegido contra ondas do mar ou jatos potentes	Protegido contra imersão temporária	Protegido contra submersão	
Protegido contra objetos sólidos com Ø maior que 50 mm		0	IP00	IP01	IP02						
Protegido contra objetos sólidos com Ø maior que 12,05 mm		1	IP10	IP11	IP12	IP13					
Protegido contra objetos sólidos com Ø maior que 2,5 mm		2	IP20	IP21	IP22	IP23					
Protegido contra objetos sólidos com Ø maior que 1 mm		3	IP30	IP31	IP32	IP33	IP34				
Protegido contra objetos sólidos com Ø maior que 0,5 mm		4	IP40	IP41	IP42	IP43	IP44	IP45	IP46		
Protegido contra poeira Depressão: 200 mm de coluna d'água Máxima aspiração de ar: 80 vezes o volume do invólucro		5				IP53	IP54	IP55	IP56		
Totalmente protegido contra poeira Mesmo procedimento de teste.		6						IP65	IP66	IP67	IP68

Fonte: Fibracem (2021)

2.2.3.5 Queda de tensão

Quando cargas são aplicadas ao GMG, tem-se uma queda de tensão súbita dependente da reatância do gerador, corrente, fator de potência e a regulação na tensão da máquina. Cargas mais indutivas como motores de indução tendem a causar maiores problemas na queda de tensão (WEG, 2020).

A Figura 12 apresenta as possíveis variações de tensão em função do tempo. Outros parâmetros que podem influenciar nas curvas apresentadas são o tempo de resposta da excitação e do sistema de regulação do gerador.

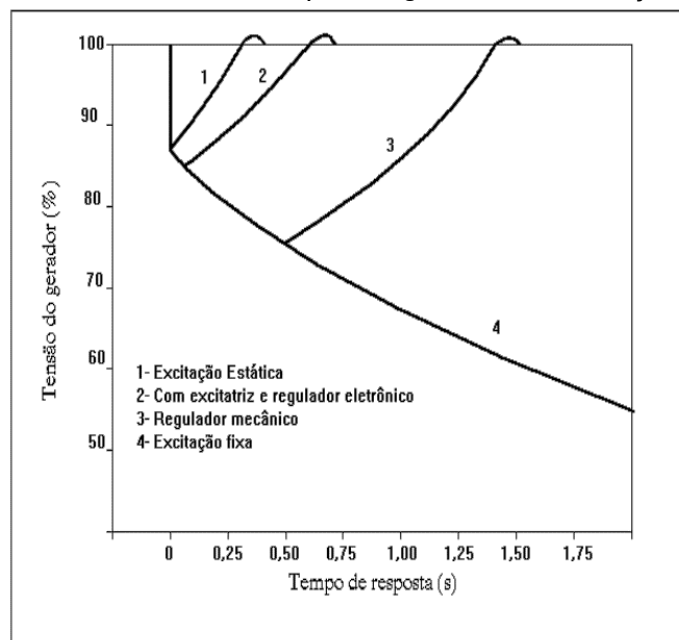
O gráfico apresenta o valor da queda de tensão (ΔU) em função da reatância $X'd$ sendo o fator de potência ($\cos \varphi$) nulo. A fórmula genérica para porcentagem da queda de tensão para qualquer reatância do gerador é apresentada abaixo:

$$\Delta U\% = \frac{\left[X'd * \left(\frac{I_p}{I_n} \right) \right]}{1 + \left[X'd * \left(\frac{I_p}{I_n} \right) \right]} * 100 \quad (11)$$

Onde:

- $X'd$: Reatância transitória (Xd') para máquinas *brushless* e reatância subtransitória (Xd'') para máquinas com escovas (pu);
- I_p : Corrente de partida do motor (A);
- I_n : Corrente nominal do gerador (A);

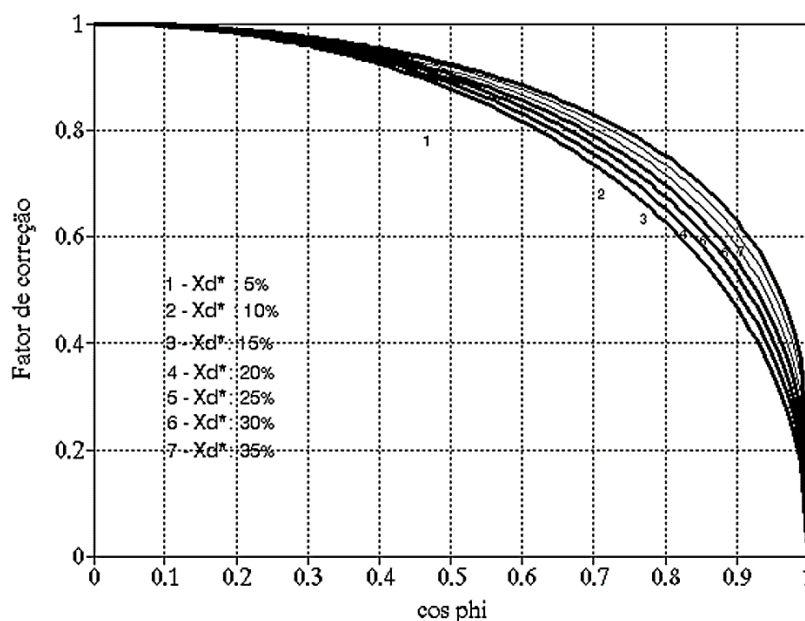
Figura 12 – Tensão de vários tipos de geradores em função do tempo



Fonte: WEG (2020)

Para a influência do fator de potência nos cálculos a Figura 13 apresenta o gráfico do fator de correção em função do fator de potência e reatância do gerador. O valor encontrado deve ser multiplicado por ΔU para $(\cos \varphi)$ nulo (WEG, 2020).

Figura 13 – Curvas do fator de correção em função de $\cos \varphi$ e reatância do gerador

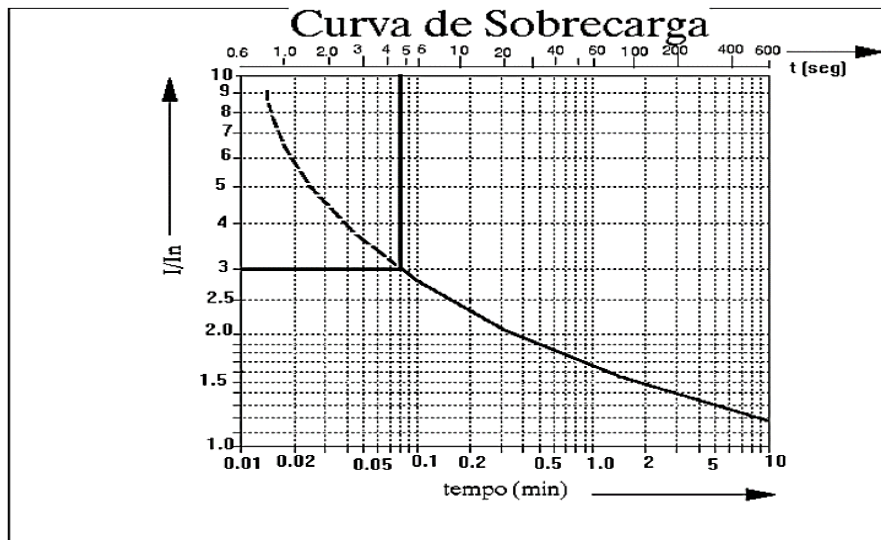


Fonte: WEG (2020)

2.2.3.6 Sobrecarga

Geradores síncronos, segundo a norma VDE 530 ou ABNT, devem possuir capacidade de manter o fornecimento acima do valor projetado durante um determinado período dependendo da aplicação da máquina em questão. A curva de sobrecarga para máquinas padronizadas (comuns) é apresentada na Figura 14 considerando o tempo de sobrecarga em função da corrente (WEG, 2020).

Figura 14 – Curva de sobrecarga de geradores padronizados



Fonte: WEG (2020)

2.2.3.7 Corrente de curto-circuito

Geradores síncronos já são padronizados para serem capazes de suportar correntes de curto-circuito. O valor depende do modelo e função do gerador e sua influência nas máquinas é calculada considerando os valores de reatância em percentual. O cálculo da corrente de curto-circuito máxima trifásica é apresentado pela equação (12).

$$I_{cc_{max}}\% = \frac{2,55 * I_f}{X_{d''}} * 100 \quad (12)$$

Sendo:

- $X_{d''}$: Reatância do gerador (%);
- I_f : Corrente de fase (A).

E a corrente de curto-circuito eficaz para uma fase será:

$$I_{cc_{eff}}\% = \frac{I_f}{X_{d''}} * 100 \quad (13)$$

Estes valores são normalmente inclusos nas especificações do alternador escolhido no projeto.

2.2.3.8 Proteção do gerador

Dada a complexidade do equipamento existem riscos a considerar na hora da construção da máquina. Portanto, proteções elétricas e mecânicas do gerador devem ser implementadas para impedir maiores danos. A Tabela 13 apresenta a implementação de proteções com base na potência nominal. O valor é dado em megawatt (MW) e para a geração de maiores potências é necessária adição de proteção em mais características da máquina (TEIXEIRA, 2019).

Tabela 13 – Tipo de proteção a ser implementada dado a potência nominal da máquina

Proteção	Potência Nominal em MW					
	0,1-0,5	0,5-1	1-5	5-10	10-50	50-100
Diferencial						
Sobrecorrente						
Sobrecarga						
Temperatura elevada						
Sobrevelocidade						
Perda de carga						
Perda de Sincronismo						
Perda de Excitação						
Subfrequência						

Fonte: TEIXEIRA (2019)

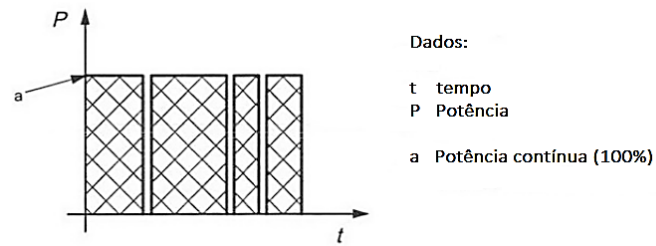
Para máquinas com potência abaixo de 100 kW as seguintes funções de proteção podem ser implementadas:

- a) Sobrecorrente;
- b) Sobrecarga;
- c) Temperatura elevada;
- d) Sobrevelocidade;
- e) Subfrequência.

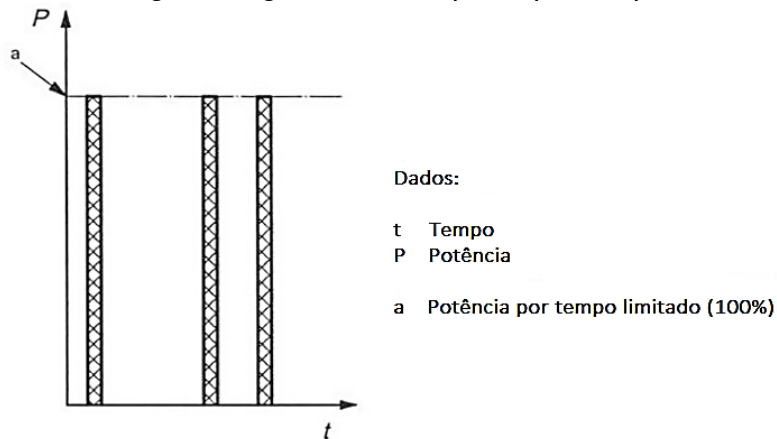
2.2.3.9 Regime de serviço

Representado pelo grau de regularidade que o gerador é submetido, o regime de serviço pode ser separado em quatro tipos padronizados (WEG, 2020).

- a) Potência Contínua (COP): Alimentação da carga constante, podendo ser o modo de operação singela ou paralela com a rede principal. Possui fator de carga 100% por número limitado de horas anuais e sem admissão de sobrecarga. Temperatura ambiente 40°/ $\Delta T = 125^{\circ}\text{C}$;
- b) Prime por Tempo Limitado (LTP): Alimentação da carga constante e indicado para faltas de energia programadas, podendo ser o modo de operação singela ou paralela com a rede principal. Possui fator de carga 100% limitado a 500 horas por ano. Temperatura ambiente 40°/ $\Delta T = 125^{\circ}\text{C}$;

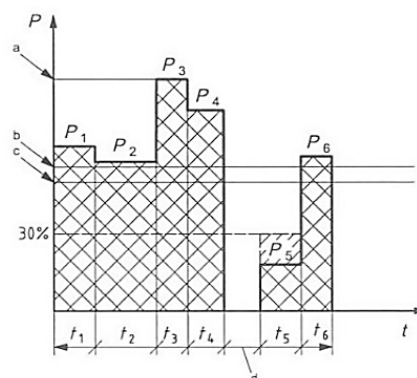
Figura 15 – Regime de gerador modo potência contínua (COP)

Fonte: WEG (2020)

Figura 16 – Regime de gerador modo prime por tempo limitado (LTP)

Fonte: WEG (2020)

- c) Prime por Tempo Ilimitado (PRP): Alimentação de carga variável em casos de rede elétrica inconfiável ou inexistente. Potência média não pode exceder 70% do valor prime (potência nominal) e a máquina pode suportar 10% de sobrecarga por 1 hora a cada 12 horas de funcionamento e no máximo 25 horas por ano. Temperatura ambiente $40^\circ / \Delta T = 125^\circ C$;

Figura 17 – Regime de gerador modo prime por tempo ilimitado (PRP)

Dados

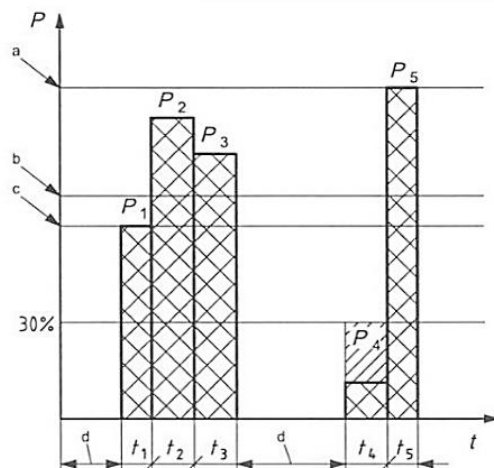
- t Tempo
- P Potência
- a Potência Primária (100%)
- b Potência média permitida durante período de 24h
- c Potência média atual durante período 24h
- d Período parado

$$t_1 + t_2 + t_3 + \dots + t_n = 24h$$

Fonte: WEG (2020)

- d) Potência de Emergência Stand-by (ESP): Alimentação das cargas variáveis em caso de falhas na rede elétrica da distribuidora. Potência média não pode exceder 70% do valor nominal da máquina e o uso é ilimitado para geradores separados por uma chave comutadora (desconectada da rede principal).

Figura 18 – Regime de gerador modo *standby* (ESP)



Dados:

t Tempo
P Potência

- a Potência de emergência *Standby*
b Potência média permitida em 24h
c Potência média atual em 24h
d Período parado

$$t_1 + t_2 + t_3 + \dots + t_n = 24h$$

Fonte: WEG (2020)

2.2.4 Controlador Lógico Programável (CLP)

Aparelho eletrônico digital capaz de utilizar memória programável para armazenar internamente instruções e implementar funções específicas como sequenciamento, temporização, contagem e aritmética através de módulos e leituras nas entradas e saídas do sistema aplicando-as principalmente na automação industrial. Cada máquina possui topologias de CLP compatíveis para facilitar sua operação (ZANCAN, 2011)

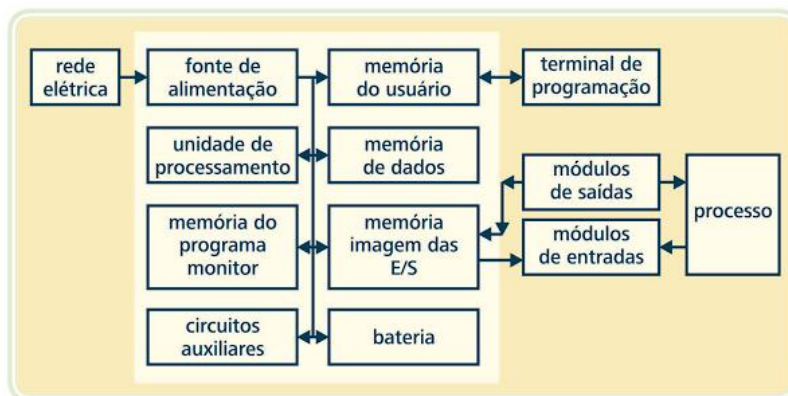
Este dispositivo microprocessado possui em sua composição principal microprocessador, programa monitor, memória de programa, memória de dados, uma ou mais interfaces de entrada, uma ou mais interfaces de saída e circuitos auxiliares. A Figura 19 apresenta a estrutura interna em forma de diagrama de blocos (ZANCAN, 2011).

As principais vantagens dos CLPs em comparação aos painéis eletromecânicos são:

- a) Maior confiabilidade e flexibilidade;
- b) Utilização de menos espaço;
- c) Consumo de menos energia;

- d) Programação/reprogramação facilitada;
- e) Reutilizável para outros processos;
- f) Agilidade na construção do projeto;
- g) Adiciona a capacidade de comunicação com outros dispositivos.

Figura 19 – Estrutura interna de um CLP em diagrama de blocos



Fonte: Zancan (2011)

A adição deste controlador necessita de troca de informações através do circuito de comando, nome dado para definir onde estes dispositivos de controle, acionamento e sinalização são localizados. As combinações de elementos deste circuito executam o acionamento de cargas e sinaleiros através de combinações lógicas. Portanto este circuito necessita apenas de baixíssimos valores de corrente elétrica.

Para a aplicação em geradores, este controlador é responsável pela leitura de várias características, entre elas tensão, corrente, frequência e rotação por minuto. Além disso, caso o sistema lógico deste dispositivo detecte alguma avaria, é enviado um comando resposta baseado na programação feita no sistema do projeto como por exemplo trocar a conexão da rede pública pelo gerador por uma chave comutadora e em seguida realizar a partida da máquina devido à falta de tensão na alimentação pela concessionária.

2.2.5 Unidade de Supervisão de Corrente Alternada (USCA)

A USCA é um sistema de supervisão de corrente alternada que tem como papel realizar leituras e enviar comandos para transferências de energia disponíveis na estação, apresentando seus estados de funcionamento para dispositivos locais ou através de sistemas de gerenciamento remoto. O uso mais comum para este tipo de controlador é de proteção e supervisão no funcionamento de equipamentos e redes elétricas essenciais, garantindo segurança e eficiência operacional.

Dentre as inúmeras aplicações, temos podemos citar em sistemas de geração, transmissão, distribuição de energia e em controle de processos industriais. Portanto este dispositivo possui papel importante na supervisão e controle em circuitos de corrente alternada, principalmente devido à facilidade de operação dada às linguagens utilizadas como por exemplo a Ladder, que é de fácil compreensão e torna a configuração da USCA muito simples.

2.2.6 Considerações para dimensionamento em telecomunicações

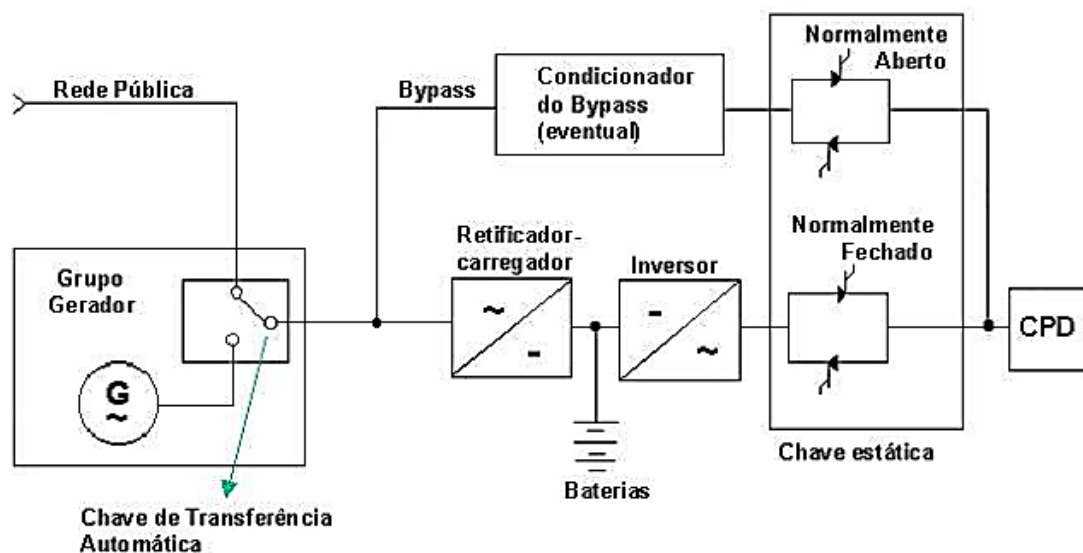
A norma ABNT NBR 14664 (descontinuada) pode ser utilizada como modelo para o dimensionamento dos geradores *brushless* na aplicação específica de telecomunicações, sendo o uso específico em locais de central telefônica, torres de transmissão, repetidoras, radares, sistemas de rádio, entre outras nesta categoria. Estas máquinas não utilizam escovas e porta-escovas, reduzindo consideravelmente a manutenção e não introduzindo rádio interferência pelo mau contato. Além disso, o gerador deve ser alimentado por bobina auxiliar o que impedirá qualquer tipo de interferência na regulação pela deformação na forma de onda gerada pela máquina (WEG, 2020).

As principais características técnicas que um gerador singular sem rampa deve ter de acordo com a ABNT NBR 14664 são:

- Distorção harmônica total fase-neutro em vazio menor ou igual a 5%;
- Precisão da regulação de tensão maior que 2% para qualquer valor estável de carga não deformante com fator de potência entre 0,8 e 1,0;
- Variação de rotação do rotor a diesel de até 1% sem danificar a regulação de tensão;
- Faixa de ajuste de tensão nominal por potenciômetro de até 15%;
- Deve incluir resistor de desumidificação.

Em estações de rádio e televisão se utiliza a máquina no regime *stand-by* junto ao UPS para manter o fornecimento de energia de forma ininterrupta. A Figura 20 apresenta o sistema na forma de diagrama de blocos.

Figura 20 – Sistema de alimentação ininterrupta com gerador com UPS e Gerador



Fonte: WEG (2020)

Por fim, para a correta seleção das características do gerador, deve-se obter ou calcular as seguintes informações na consulta:

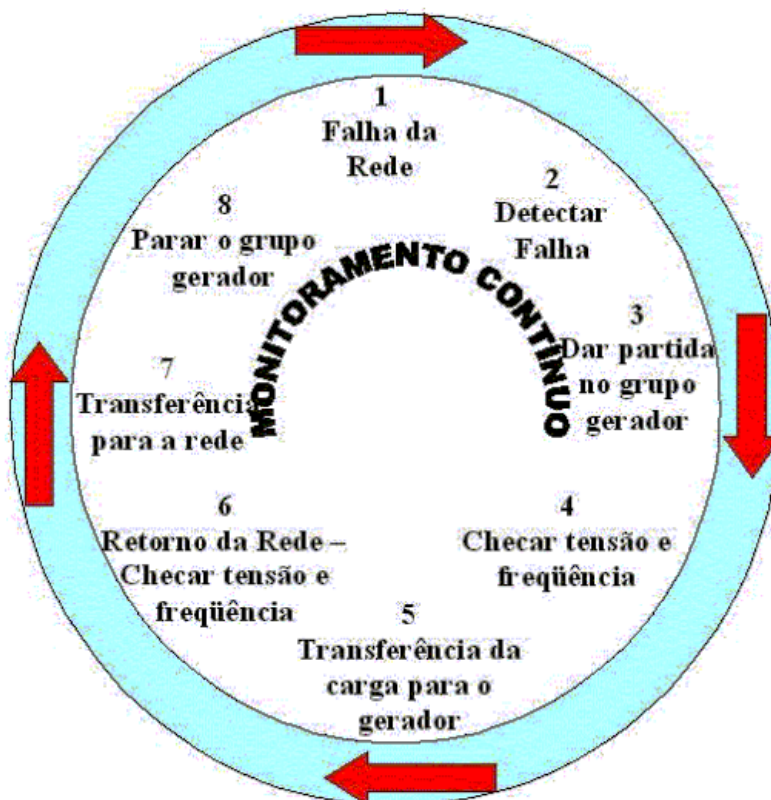
- Potência nominal (kVA);
- Tipo de refrigeração (Aberto, ar-ar ou ar-água);

- c) Rotação (n° de polos);
- d) Fator de potência;
- e) Tensão Nominal;
- f) Número de fases (trifásico, bifásico ou monofásico);
- g) Frequência de operação;
- h) Tipo de excitação (Com escovas ou *brushless*);
- i) Grau de proteção;
- j) Forma construtiva (dimensões da máquina);
- k) Temperatura ambiente;
- l) Altitude;
- m) Característica das cargas;
- n) Faixa de ajuste de tensão;
- o) Precisão da regulação;
- p) Adições de componentes extras (sensores, resistências, etc.);
- q) Sobrecargas ocasionais caso haja;
- r) Tipo de regulação (tensão/frequência constantes ou apenas tensão constante);
- s) Tipo de acoplamento (direto, polias e correias, flange, discos de acionamento etc.);
- t) Máquina acionante.

2.3 QUADRO DE TRANSFERÊNCIA AUTOMÁTICA (QTA)

A comutação automática entre a rede e o gerador sem rampa no sistema de fornecimento ininterrupto é essencial para o projeto, portanto a adição de um QTA é necessária pois, além da transferência, tem-se também a compatibilidade com o CLP/USCA do gerador dimensionado para acoplamento, fornecendo uma taxa de confiabilidade extremamente alta. O quadro é normalmente instalado às fontes de alimentação primária e reserva atuando desta forma como um intermediário entre a rede da concessionária e a fornecida pelo gerador. As funções de atuação no quadro são apresentadas na Figura 21 (SERAFIG, 2016).

Figura 21 – Ciclo de funções do conjunto de transferência automática de energia

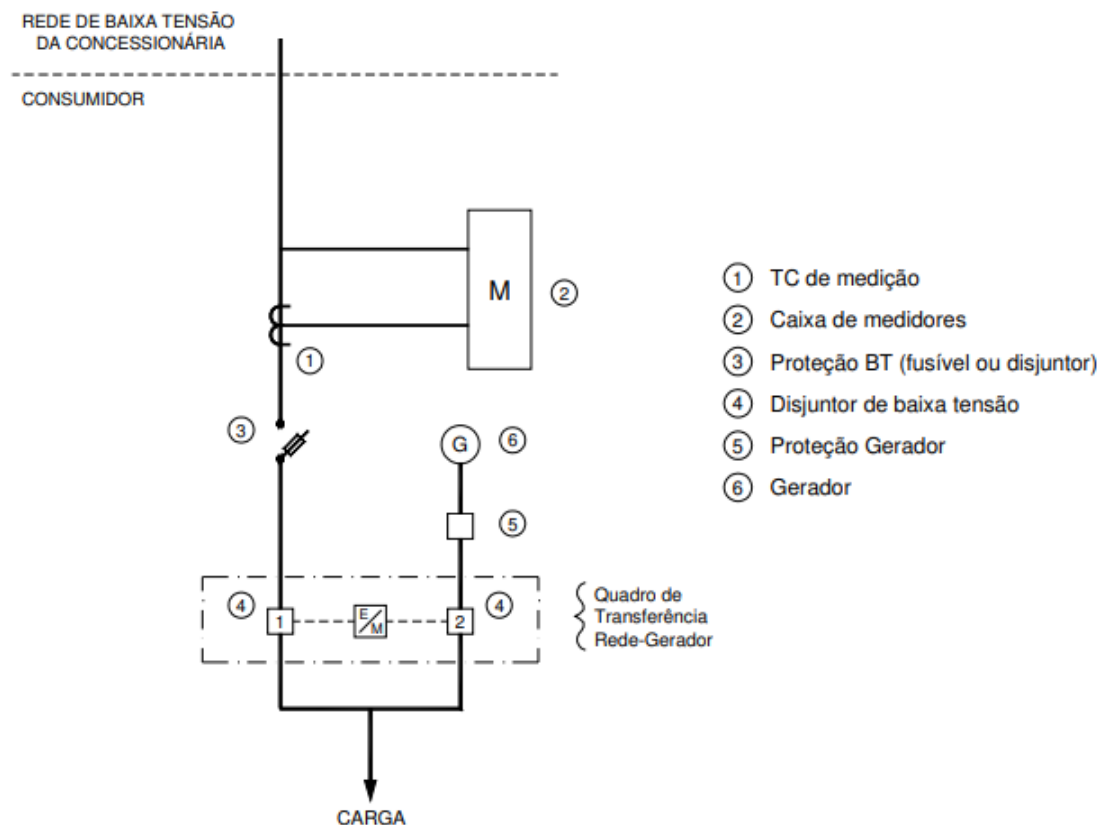


Fonte: Pereira (2012)

2.3.1 Topologia

Para a forma construtiva deste equipamento existem vários modelos dependendo do projeto, valores dimensionados, localização do gerador e o modelo do CLP ou USCA. De forma simplificada, pode-se separar os circuitos deste quadro em duas seções. O primeiro sendo o circuito de comando que transmite sinais de leitura e acionamento na forma de baixas correntes alternadas ou contínuas, sendo normalmente o circuito com menor seção nominal de condutores no quadro. No circuito de potência se encontra os condutores responsáveis pela alimentação das cargas locais e representam normalmente o valor de seção nominal dos cabos em toda a instalação. A Figura 22 apresenta um diagrama unifilar simplificado do circuito de potência composto por um QTA e a Figura 23 apresenta visualmente um QTA.

Figura 22 – Modelo de sistema de transferência automática em consumidor de baixa tensão utilizando contadores de potência



Fonte: Enel (2019)

Figura 23 – Aparência de um QTA



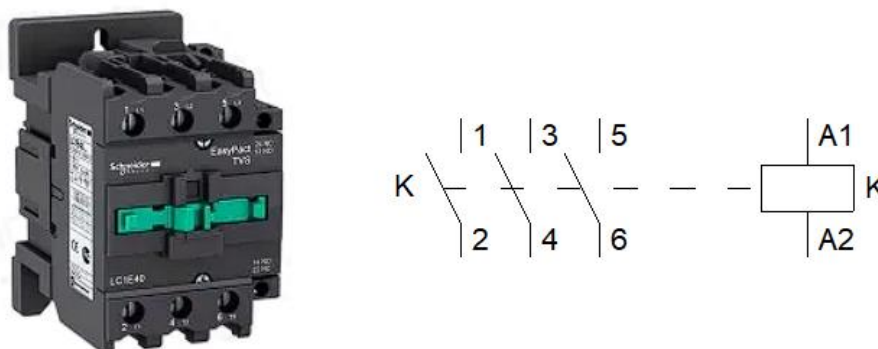
Fonte: Strazmaq (2020)

2.3.1.1 Contadores de potência

Dispositivos que realizam a transferência da carga entre rede e gerador para alimentar a carga, podendo ser dois contadores com um bloco de intertravamento sincronizado, ou uma chave de transferência automática que possui todos os requisitos

em um componente só. Os componentes possuem intertravamento elétrico e mecânico impedindo que ambos os contatores atuem ao mesmo tempo. A Figura 24 apresenta um contator de potência e sua apresentação em diagramas elétricos.

Figura 24 – Contator de potência e simbologia



Fonte: Próprio autor

Para o dimensionamento dos contatores, deve-se considerar que a corrente do componente a ser selecionado deve ser maior ou igual à corrente de projeto já calculada mais um fator de segurança de 15% de seu valor. A fórmula é apresentada abaixo:

$$I_E \geq I_P * 1,15 \quad (14)$$

Sendo:

- I_E : Corrente do contator de potência a ser selecionado;
- I_P : Corrente de projeto do condutor

2.3.1.2 Proteção do sistema

Para a divisão dos dispositivos necessários na proteção de todos os circuitos do QTA, pode-se dividir em duas categorias. A proteção no circuito de comando é definida pelo CLP ou USCA implementado, normalmente apresentada nos manuais dos dispositivos. Os principais dispositivos de proteção utilizados são disjuntores AC, DC e fusíveis. São implementados para proteção contra curtos-circuitos ou sobrecarga localizados no circuito de comando. Já no caso da proteção do circuito de potência é implementado disjuntores termomagnéticos para proteção contra sobrecargas e curtos-circuitos e normalmente localizada na entrada principal da rede e na saída do gerador.

2.3.1.3 Módulo de comando

A unidade é comumente colocada dentro do quadro e o painel exposto ao lado externo, deixando o acesso a máquina externamente fácil e de forma eletrônica. Junto são colocados componentes complementares ao módulo como um carregador para

bateria de partida do motor. Em raros casos, este dispositivo pode ser posicionado junto ao gerador ao invés do quadro.

Outros componentes que podem ser necessários têm dependência exclusivamente do módulo, como por exemplo sensores analógicos, transformadores de corrente e relés de estado sólidos. Esses componentes são responsáveis principalmente pela leitura de tensão, frequência e corrente do circuito de potência e cada equipamento eletrônico requer um modelo ou quantidade diferente.

3 DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA DE ALIMENTAÇÃO ININTERRUPTA

Ao considerar a necessidade de implementação desse sistema, é importante que a empresa possua cargas essenciais, ou críticas que exigem fornecimento elétrico ininterrupto. Para isso é considerado neste trabalho, uma empresa de televisão fictícia cuja necessidade é proteger seu conjunto de transmissores de radiofrequência e seu sistema de monitoramento via internet.

No caso em estudo, assume-se que o cliente construiu recentemente uma torre de transmissão na cidade e gostaria de implementar o projeto para que a transmissão de televisão em toda a região não seja interrompida pela falta de energia, ou surtos elétricos no local. Primeiramente, é necessário ir ao edifício da instalação e avaliar possíveis locais para posicionamento dos componentes principais.

3.1 ORDEM DOS PROCEDIMENTOS

Para a realização deste dimensionamento, foi necessário seguir uma grande quantidade de procedimentos. A ordem utilizada é apresentada a seguir:

- a) Considerações Iniciais
 - a. Requisitos do cliente
 - b. Características elétricas do edifício
 - c. Condições atmosféricas
- b) Dimensionamento do UPS
 - a. Levantamento de cargas críticas
 - b. Seleção e avaliação do UPS
 - c. Seleção de componentes e proteção do UPS
- c) Dimensionamento do GMG
 - a. Levantamento de cargas
 - b. Seleção da máquina
 - c. Correção das cargas e avaliação do GMG
 - d. Seleção dos componentes do GMG
- d) Dimensionamento do QTA
 - a. Seleção dos circuitos
 - b. Seleção dos contadores de potência
 - c. Seleção da proteção dos circuitos
- e) Elaboração dos diagramas elétricos e simulações

3.2 REQUISITOS INICIAIS

A implementação do sistema de fornecimento elétrico ininterrupto na torre de transmissão deve seguir alguns requisitos exigidos pela empresa de televisão:

- a) Fornecimento elétrico não pode influenciar na geração de radiofrequência nem causar interferência;

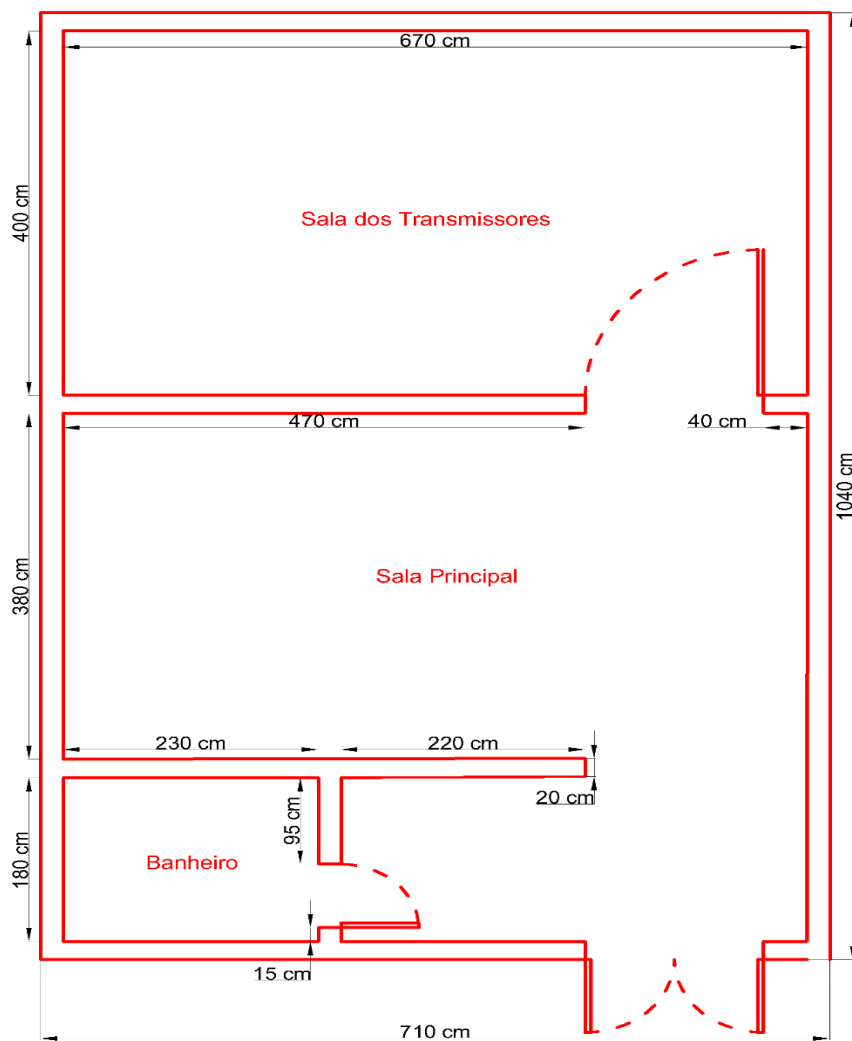
- b) Cargas dos transmissores e do sistema de monitoramento não podem ser desligadas;
- c) Sistema deve funcionar apenas em caso de surtos elétricos.

Além disso também se analisou a tensão e o número de fases utilizadas:

- a) Tensão 127/220 V;
- b) Sistema trifásico com neutro;
- c) Frequência 60 Hz.

Também foi obtida a planta baixa do local apresentada na Figura 25.

Figura 25 – Planta baixa simples da estação



Fonte: Próprio autor

3.2.1 Avaliação das condições atmosféricas

Também é necessário avaliar as condições locais como altitude, umidade e temperatura para que as máquinas selecionadas consigam suportar as características dadas. A Tabela 14 mostra a temperatura local, altitude em metros e umidade máxima e mínima ocorridas na região durante um período de 10 anos.

Tabela 14 – Condições atmosféricas da região

	Temperatura (°C)	Umidade (%)	Altitude (m)
Mínima	2	10	500
Máxima	38	96	600
Média	28	55	550

Fonte: Próprio autor.

3.3 DIMENSIONAMENTO DO UPS

Cargas protegidas por um UPS devem sempre ser alimentadas durante o período de comutação da rede elétrica primária para o gerador promovendo, portanto, um fornecimento ininterrupto de energia a curto prazo.

3.3.1 Levantamento de cargas críticas

Considerando que a empresa de televisão deseja adicionar este sistema no mesmo período em que as cargas dos transmissores de radiofrequência são implementadas. O melhor método consiste no levantamento manual, pois não é possível utilizar o analisador de energia em cargas ainda não instaladas. Após o cliente selecionar os dispositivos que não podem ser interrompidos e considerando as marcas e modelos desses equipamentos, as cargas críticas do sistema são então relacionadas na Tabela 15.

Tabela 15 – Levantamento de cargas críticas no sistema

Equipamento	Tipo de Carga	Qtd	Potência Aparente (VA)	Potência ativa (W)	Fator de potência (cos θ)
Transmissor EC702HP-BB4	Linear	2	5140	4640	0,90
Roteador Internet	Linear	2	20	18	0,90
Sistema de Monitoramento	Linear	1	30	24	0,80
Total			10350	9340	0,90

Fonte: Próprio Autor

Como todas as cargas selecionadas são lineares não é necessário a correção do valor de potência aparente. Considerando então um fator de expansão para possíveis implementações de novas cargas críticas de 30%, tem-se:

$$S_{Crit} = S_{CTotal} + 0,3 * S_{CTotal} = 10350 + 0,3 * 10350 = 13455 VA \quad (15)$$

3.3.2 Escolha do UPS

Considerando o levantamento de cargas críticas junto ao fator de expansão e a escolha do modelo online dupla-conversão, seleciona-se um UPS próximo do valor encontrado, cujas especificações são apresentadas no anexo A. Pode-se observar que

a distorção harmônica causada por esse sistema é menor que 5% e o fator de potência de entrada 0,80. Além disso o manual afirma que a retificação é feita a IGBT.

Ainda é importante avaliar se o dispositivo escolhido realmente atende corretamente as cargas. Para isso são obtidos dados adicionais do UPS, selecionados e apresentados na Tabela 16.

Tabela 16 – Dados de rendimento do UPS

fator de Potência na saída do UPS (cos θ)	Eficiência (%)
0,90	90

Fonte: Próprio autor

Então calcula-se a potência aparente necessária no *nobreak* pela fórmula apresentada em (1):

$$S_{UPS} = \frac{P_c}{fp * n * fcm} = \frac{9340}{0,90 * 0,90 * 0,90} = 12812 VA \quad (16)$$

Desta forma conclui-se que o valor obtido é inferior ao valor do UPS selecionado de 15000 VA, confirmando que será adequado para o projeto.

3.3.3 Escolha do banco de baterias

Já selecionado a marca e modelo do UPS, o anexo A apresenta também os modelos de banco de baterias para maior tempo de alimentação pelos aparelhos nas cargas instaladas, mas a escolha depende da necessidade do cliente. Supondo que ele queira um tempo extra caso ocorra algum problema geral na rede e seja obrigado a realizar um desligamento seguro nas cargas, implementa-se um sistema com duração superior a 20 minutos apresentado na Tabela 17.

Tabela 17 – Características das baterias

Tipo	9 Ah selada, ácido de chumbo regulado à válvula (VLRA), livre de manutenção e tempo de vida em flutuação de no mínimo 3 anos a 25°C
Tensão DC	192 V
Carregador	Configurável com corrente máxima 34 A com padrão 3,4 A cada linha
Módulo de extensão	1 EBM-64
Duração da carga	23 minutos na carga máxima
Total de baterias	32 (UPS) + 64 (EBM) - 6 linhas de fornecimento

Fonte: Próprio autor

3.3.4 Dimensionamento dos condutores para circuito de entrada UPS

Para a conexão desse sistema com a rede elétrica, é necessário o dimensionamento dos cabos condutores entre o quadro geral de distribuição e a entrada da UPS. Considerando o dispositivo como uma carga consumindo 100% da sua

potência nominal considerando também o retificador em modo de recarga isso representa o valor da potência de fornecimento do UPS mais 20% desse valor.

$$S_{UPSmax} = S_{UPS100} + (S_{UPS100} * 0,2) \quad (17)$$

$$S_{UPSmax} = 15000 + (15000 * 0,2) = 18000 \text{ VA} \quad (18)$$

Obtendo a corrente máxima trifásica no circuito de entrada desta carga:

$$I_{UPSmax} = \frac{S_{UPSmax}}{V_{UPS} * \sqrt{3}} = \frac{18000}{220 * \sqrt{3}} \cong 47,24 \text{ A} \quad (19)$$

Realizando o mesmo cálculo para dimensionamento da corrente nominal do UPS considerando a fórmula de corrente corrigida:

$$I_C = \frac{I_P}{FCT * FCA * FCR} \quad (20)$$

Sendo:

- *FCT* – Fator de correção para temperatura ambiente;
- *FCA* – Fator de correção de agrupamento;
- *FCR* – Fator de correção por resistividade térmica do solo.

Para a utilização da fórmula, a Tabela 18 apresenta as informações essenciais considerando condutores isolados em canaleta fechada embutida no piso. Os métodos de referência e demais características foram obtidas no anexo B que apresenta dados fornecidos pela NBR 5410.

Tabela 18 – Informações do condutor dimensionado

Material do Condutor	Cobre
Tipo de isolamento	EPR
Método de referência	B1
Nº de condutores carregados	3
Fator de correção para Temperatura ambiente (FCT)	0,96 (25° no solo)
Fator de correção de agrupamento (FCA)	1,00 (1 Circuito)
Fator de correção por resistividade térmica do solo (FCR)	0,96 (2,5 k.m/W)

Fonte: Próprio autor

Portanto, calculando a corrente corrigida para o circuito de entrada UPS:

$$I_{CUPS} = \frac{I_{UPSmax}}{FCT * FCA * FCR} = \frac{47,24}{0,96 * 1 * 0,96} = 51,26 \text{ A} \quad (21)$$

Com isso, seleciona-se o condutor utilizando a tabela de capacidade de condução de corrente apresentada no anexo B. Tem-se então o condutor adequado de seção nominal 10 mm² com corrente máxima suportada de 66 A. Também é possível observar que o manual recomenda uso de condutor AWG 6 (escala americana de fios), este representando a mesma seção nominal definida nos cálculos.

3.3.5 Proteção do sistema UPS

Por fim deve-se dimensionar um disjuntor no circuito de entrada do UPS para proteção principalmente do retificador e banco de baterias.

3.3.5.1 Disjuntor trifásico para carga UPS

Utilizando a regra para dimensionamento de disjuntores apresentada na equação (14):

$$I_R < I_D < I_N$$

$$47,24 < I_D < 66,00 \quad (22)$$

Portanto, o disjuntor adequado deve estar no intervalo do valor de I_D . O modelo escolhido foi o 5SY7 663-7 com curva C e corrente de operação de 63 A. Uma forma de avaliar se o disjuntor se encontra adequado na instalação mesmo após o dimensionamento é o manual do UPS no anexo A, é possível observar que o disjuntor recomendado possui I_D de 60 A, um valor muito próximo ao selecionado.

3.3.5.2 Disjuntor para banco de baterias

Para disjuntores atuando em circuitos de corrente contínua é recomendado consultar o manual do produto buscando encontrar qual o valor da corrente e a recomendação de possíveis modelos. O anexo A apresenta o disjuntor recomendado para instalação na saída do banco de baterias, que possui I_D de 100 A. O modelo selecionado é o 5SY5 1100-7 com curva C. A Tabela 19 apresenta os disjuntores dimensionados com seus respectivos valores dados.

Tabela 19 – Disjuntores selecionados para o UPS

Disjuntor	Local	Corrente Nominal (A)	Capacidade de Interrupção (kA)	Curva
5SY7 663-7	Entrada da UPS	63	15	C
5SY5 4100-7	Entrada EPM-64	100	-	C

Fonte: Próprio autor

3.4 DIMENSIONAMENTO DO GRUPO MOTOR-GERADOR

Levantada todas as cargas a serem implementadas no sistema, realiza-se o dimensionamento GMG como fornecimento reserva na rede elétrica.

3.4.1 Considerações iniciais

Para conseguir seguir todos os requisitos fornecidos pela empresa de televisão, a opção de geradores *brushless* com bobina auxiliar é a mais adequada para evitar interferências na rede local. Pode-se considerar também um gerador operando em regime *stand-by* pois ele vai entrar em atuação apenas quando houver surtos elétricos no sistema operando, assim, de forma a substituir a rede da concessionária quando estiver com falhas. Considera-se, então, o fator de utilização desta máquina como unitário devido ao regime empregado.

Dada a instalação realizada em ambiente interno, já é possível definir o grau de proteção e classe de isolamento mínimas da máquina considerando as tabelas 5 e 6. Como a instalação é feita em ambiente interno e com gerador carenado, pode-se considerar proteção contra objetos com diâmetro menor que 50 mm para casos de toques acidentais com as mãos e gotas d'água verticais em caso de possíveis infiltrações pelo teto, ou seja, grau de proteção mínima IP 11. Pela temperatura ambiente interna do edifício ser 35°C e a instalação ser em ambiente fechado, é necessário considerar uma alta resistência a temperaturas quentes no alternador devido a geração de calor pelo motor a diesel e, portanto, é considerada a classe de isolamento H. A Tabela 20 apresenta todas as características iniciais para o grupo gerador.

Tabela 20 – Características necessárias no GMG dimensionado

Tipo de Máquina	Diesel
Excitação	<i>Brushless</i>
Regime de Operação	Espera (<i>Standby</i>)
Tensão	220 V (fase-fase) 127 V (fase-neutro)
Nº de Fases	3 (trifásico)
Grau de proteção mínima	IP 11
Classe de isolamento mínima	H (180°C)

Fonte: Próprio autor

3.4.2 Levantamento completo das cargas

Agora que todas as cargas locais foram definidas, deve-se somar todos os valores obtidos considerando inclusive o valor das cargas críticas como sendo toda a carga da UPS dimensionada. Existem duas formas principais de se obter as cargas que devem ser alimentadas pelo sistema implementado. Primeiramente, através do levantamento de cada carga, sendo este o único modo para cargas ainda não implementadas no edifício. O segundo método é através do analisador de energia no quadro que deve fornecer a energia, excelente em locais onde as cargas já estão instaladas e sendo utilizadas.

Como o dimensionamento representa uma empresa fictícia, a melhor forma de obter a somatória das cargas totais é pelo levantamento manual de cada uma. Considerando as cargas lineares de iluminação e tomadas TUGs e TUEs, cargas nominais dos aparelhos de ar-condicionado, do UPS dimensionado e um fator de expansão para possíveis adições de novas cargas apresentadas na Tabela 21.

Tabela 21 – Levantamento de todas as cargas do edifício

Equipamento	Tipo de Carga	Qtd	Potência Aparente (VA)	Potência ativa (W)	Fator de potência (cos θ)
UPS 9355	Não Linear	1	18000	17820	0,99
TUG 400	Linear	4	400	360	0,90
TUG 200	Linear	2	200	180	0,90
TUG 100	Linear	4	100	90	0,90
TUE	Linear	1	5000	4000	0,80
Iluminação	Linear	5	100	95	0,95
Ar-Condicionado Inverter	Linear/motor	3	2178	2160	0,99
Total			32434	30928	0,95

Fonte: Próprio autor

Com este valor total de potência aparente, seleciona-se inicialmente um GMG fornecido no mercado considerando também futuras implementações de novas cargas. As especificações da máquina e do alternador são apresentadas no anexo C. Ainda é necessário, analisar o tipo de cada carga devido à necessidade de um fator de correção causada pelas propriedades do equipamento.

3.4.2.1 Correção das cargas com partida de motores

Cargas de motores indutivos possuem, no modo de partida, os maiores valores de corrente e, conseqüentemente, no consumo. Portanto calcula-se este valor de potência aparente com base na corrente de pico comumente encontrada nos manuais da máquina. Neste caso, há apenas os aparelhos de ar-condicionado para realizar estes cálculos.

Utilizando a tabela de especificações do anexo D para o modelo de ar-condicionado que o cliente pretende instalar, é possível calcular a potência de consumo máximo exigido em kVA. A Tabela 22 contém os valores necessários para cálculo obtidas no manual:

Tabela 22 – Dados do aparelho de ar-condicionado inverter no modo de refrigeração

Corrente Nominal (A)	Corrente máxima (A)	Nº de Fases	Tensão da carga (V)
9,9	13,5	2 (Bifásico)	220

Fonte: Próprio Autor

Cálculo da potência aparente considerando corrente nominal:

$$S_{ACn} = I_n * V_{AC} = 9,9 * 220 = 2178 \text{ VA} \quad (23)$$

Cálculo da potência aparente de consumo considerando corrente máxima:

$$S_{ACm} = I_{max} * V_{AC} = 13,5 * 220 = 2970 \text{ VA} \quad (24)$$

Percebe-se que o maior valor fornecido de potência aparente é o calculado com a corrente máxima, sendo assim a potência aparente corrigida de 2970 VA deve ser considerada no levantamento de cargas, pois representa o maior consumo do aparelho de ar-condicionado.

3.4.2.2 Correção de cargas não lineares

Este tipo de carga são normalmente equipamentos com retificadores em sua composição, causando possíveis harmônicas no sistema da rede. No caso do projeto apenas a carga UPS dimensionada é considerada uma carga não linear. Esta característica exige superdimensionamento dependendo do tipo de retificador e do alternador do grupo motor-gerador inicialmente selecionado. Obtendo os dados necessários através das especificações obtém-se as informações apresentadas na Tabela 23.

Tabela 23 – Dados do alternador e UPS para cálculo

Potência aparente mínima do gerador em regime contínuo (VA)	34000
Potência aparente máxima do UPS (VA)	18000
Reatância subtransitória do eixo direto do alternador (pu)	0,17
Distorção harmônica admitida pelo gerador (pu)	0,10
Fator de multiplicação do retificador para IGBT (pu)	0,70

Fonte: Próprio autor

Com isso calcula-se o fator de multiplicação pela fórmula (4):

$$\frac{S_{GMGmin}}{S_{UPSmax}} \geq \frac{X_d'' Ger * Kups}{THDv\%} = R_{dim}$$

$$\frac{32434}{18000} \geq \frac{0,17 * 0,70}{0,10} = R_{dim}$$

$$1,80 \geq 1,19 = R_{dim} \quad (25)$$

Por fim, obtém-se a o consumo total corrigido da carga não linear pela fórmula (5):

$$S_{UPScor} = S_{UPSmax} * R_{dim}$$

$$S_{UPScor} = 18000 * 1,19 = 21420 VA \quad (26)$$

Portanto, a potência nominal do UPS a ser considerada no dimensionamento é de 21420 VA

3.4.2.3 Avaliação da queda de tensão no gerador

Também é necessário avaliar a queda de tensão no momento de partida dos aparelhos de ar-condicionado. Considerando as informações da máquina inicialmente selecionada, pode-se obter as seguintes informações na Tabela 24 com as especificações apresentadas.

Tabela 24 – Dados do GMG e carga indutiva para cálculo

Reatância transitória do eixo direto do alternador (pu)	0,26
Corrente de partida da carga indutiva (A)	13,50
Tensão de linha do gerador (V)	220
Potência aparente mínima do Gerador (VA)	34000
Fator de Potência do Gerador (cos θ)	0,80

Fonte: Próprio autor

Calcula-se inicialmente a corrente nominal mínima do gerador trifásico:

$$I_{Nmin} = \frac{S_{Gmin}}{V * \sqrt{3}} = \frac{32434}{220 * \sqrt{3}} = 85,12 \text{ A} \quad (27)$$

Com isso calcula-se a porcentagem da queda de tensão em relação a tensão nominal do gerador considerando fator de potência nulo através da fórmula (11):

$$\Delta U\% = \frac{\left[X'd * \left(\frac{I_p}{I_n} \right) \right]}{1 + \left[X'd * \left(\frac{I_p}{I_n} \right) \right]} * 100 = \frac{\left[0,26 * \left(\frac{13,50}{85,12} \right) \right]}{1 + \left[0,26 * \left(\frac{13,50}{85,12} \right) \right]} = 3,96\% \quad (28)$$

Percebe-se que, mesmo sem considerar o fator de potência, há uma pequena queda de tensão de 3,96%, isso representa um valor muito pequeno, permitindo concluir que não deve influenciar na geração e nas cargas críticas. Mas para verificar, por cálculos, se o UPS está protegendo as cargas críticas do sistema. A Tabela 25 apresenta informações técnicas do anexo A sobre o intervalo de tensão que o dispositivo é capaz de receber sem entrar com o fornecimento pelas baterias.

Tabela 25 – Intervalos de tensão e frequência aceitos na alimentação do UPS

	Tensão UPS (V)	Frequência UPS (Hz)
Mínima	144	45
Máxima	249	65

Fonte: Próprio autor

Realizando rapidamente o cálculo de porcentagem de queda de tensão máxima que o UPS é capaz de suportar:

$$\Delta U_{max}^{UPS}\% = \frac{U_{min}^{UPS}}{U_{nominal}} * 100$$

$$\Delta U_{max}^{UPS}\% = \frac{144}{220} * 100 \cong 65,46\%$$

Como $3,96\% \leq 65,46\%$, pode-se concluir que a maior queda de tensão na instalação não deve fazer o UPS sequer entrar em modo bateria, representando assim uma oscilação inofensiva ao equipamento.

3.4.3 Levantamento completo corrigido das cargas

Com a correção no valor das cargas de ar-condicionado e na carga não-linear do UPS, tem-se a Tabela 26 com todas as cargas e seu real valor na instalação para a geração auxiliar.

Tabela 26 – Levantamento corrigido de todas as cargas

Equipamento	Tipo de Carga	Qtd	Potência Aparente (VA)	Potência ativa (W)	Fator de potência (cos θ)
UPS 9355	Não Linear	1	21420	21206	0,99
TUG 400	Linear	4	400	360	0,90
TUG 200	Linear	2	200	180	0,90
TUG 100	Linear	4	100	90	0,90
TUE	Linear	1	5000	4000	0,80
Iluminação	Linear	5	100	95	0,95
Ar-condicionado inverter	Motor	3	2970	2940	0,99
Total			38230	36662	0,96

Fonte: Próprio autor

Dessa forma, é possível observar que o GMG selecionado ainda satisfaz o fornecimento elétrico nas cargas do sistema e, portanto, a máquina se encontra adequada à instalação. A potência das cargas corrigidas em relação à potência nominal do GMG selecionado é apresentado abaixo

$$S_{GMGcarga}\% = \frac{S_{Ccorrigida}}{S_{Gnominal}} * 100 = \frac{38230}{55000} * 100 = 69,5\% \quad (29)$$

3.4.4 Conexão dos terminais

O GMG selecionado possui 12 terminais internos capaz de fornecer 4 tipos de tensão de linha. O anexo C mostra que para obter a tensão de linha de 220V é necessário realizar a conexão dupla estrela (YY) mostrada anteriormente na Figura 10.

3.4.5 Seleção do controlador

Percebe-se que junto à máquina, há a recomendação do modelo de componente microprocessado a ser utilizado, no caso tem-se o modelo de USCA DS4520 para geradores trabalhando de forma singela e sem estar em rampa com a concessionária. Dados importantes relacionados ao controlador são apresentados no anexo E.

Dada também a necessidade de automatização no sistema, é necessário a implementação de uma fonte DC de energia junto a um carregador próprio controlado para a recarga da fonte durante o modo de alimentação da concessionária, sendo responsável por fornecer energia para o motor de partida e a USCA. Os modelos selecionados junto as características são apresentadas na Tabela 27.

Tabela 27 – Dados de bateria e carregador para circuito de comando

Carregador de bateria DSE9702	
Tensão nominal AC	220 V
Tensão de Saída DC	13,8 V
Corrente de Carga	5,0 A
Bateria M90TD	
Tensão DC	12,0 V
Corrente C20	90 Ah
Corrente CCA	700 A
Reserva de capacidade	160 minutos

Fonte: Próprio autor

3.5 DIMENSIONAMENTO DO QTA

Para a correta transferência de rede elétrica entre concessionária e GMG como emergência, deve-se selecionar um quadro onde encontram-se dimensionado dois contadores de potência trifásicos junto a USCA com o circuito de controle devidamente interligados, realizando desta forma a leitura das tensões/frequência para a unidade de supervisão agir de forma adequada.

3.5.1 Contadores de potência

A comutação a rede elétrica entre concessionária e gerador ocorre neste componente, para realizar o cálculo adequado deve-se considerar a corrente nominal da linha trifásica do circuito de potência. Para isso deve-se calcular a corrente nominal do gerador a 100% da carga:

$$I_{Gn} = \frac{55000}{220 * \sqrt{3}} = 144,34 \text{ A} \quad (30)$$

Calculando a corrente corrigida considerando parâmetros essenciais, que foram apresentados na Tabela 12, considerando instalação dos condutores isolados em canaleta fechada embutida no piso.

$$I_{Gc} = \frac{I_{Gn}}{FCT * FCA * FCR} = \frac{144,34}{0,96 * 1 * 0,96} = 156,62 A \quad (31)$$

Por fim, calcula-se a corrente de projeto utilizando a equação (15):

$$I_E \geq I_{Gn} * 1,15$$

$$I_E \geq 156,62 * 1,15 \rightarrow I_E \geq 180 A \quad (32)$$

Portanto, o contator a ser empregado deve possuir valor igual ou superior a corrente de projeto encontrada. A corrente nominal do contator selecionado é de 180 A. Como os componentes são controlados pela USCA, deve-se considerar a tensão de comando utilizando módulo eletrônico que, ao consultar o manual, obtém-se a máxima tensão contínua de 35 V. A Tabela 28 apresenta o modelo de contator utilizado junto ao bloco de intertravamento mecânico e bloco para adição do neutro.

Tabela 28 – Modelo de contator e seus blocos extras

Contator de potência	CWM180-22-30E02
Bloco de intertravamento mecânico	BLIM112-300
Bloco para contato auxiliar	2xBCXML11

Fonte: Próprio autor

3.5.2 Circuito de controle

É necessário analisar o controlador a ser implementado e as conexões que devem ser realizadas dentro do quadro para o sistema agir na hora do surto elétrico da rede. Consultado o manual da USCA DS4520, pode-se dividir os cabos a serem implementados da seguinte forma:

- a) Alimentação CC;
- b) Saída de combustível;
- c) Relé de saída arranque e outras saídas;
- d) Sensores analógicos;
- e) Entradas digitais configuráveis;
- f) Portas CAN;
- g) Leituras de tensão e frequência;
- h) Transformadores de corrente do gerador.

Além disso, o carregador de baterias e os fusíveis de proteção do sistema de controle devem ser posicionados adequadamente no sistema. A Tabela 29 apresenta o arranjo de conexão dos terminais no DS4520 para um sistema de 3 fases e 4 fios com o objetivo de comutar a energia entre concessionária e gerador em casos de surto elétrico.

Tabela 29 – Descrição e seção dos bornes do controlador DS4520

Pino	Descrição	Condutor (cobre)
1	Entrada de alimentação CC (negativo)	2,5mm ² /AWG 13
2	Entrada de alimentação CC (positivo)	2,5mm ² /AWG 13
3	Relé de saída A (injeção de combustível)	2,5mm ² /AWG 13
4	Relé de saída B (arranque)	2,5mm ² /AWG 13
5	Falha na carga/excitação	2,5mm ² /AWG 13
6	Relé de saída C (alimentação positiva pelo terminal 2)	1,0mm ² /AWG 18
7	Relé de saída D (alimentação positiva pelo terminal 2)	1,0mm ² /AWG 18
8	Relé de saída E (alimentação positiva pelo terminal 2)	1,0mm ² /AWG 18
9	Relé de saída F (alimentação positiva pelo terminal 2)	1,0mm ² /AWG 18
10	Retorno comum dos sensores	0,5mm ² /AWG 20
11	Sensor pressão de óleo	0,5mm ² /AWG 20
12	Sensor temperatura do radiador	0,5mm ² /AWG 20
13	Sensor nível de combustível	0,5mm ² /AWG 20
14	Entrada digital configurável A (comutação negativo)	0,5mm ² /AWG 20
15	Entrada digital configurável B (comutação negativo)	0,5mm ² /AWG 20
16	Entrada digital configurável C (comutação negativo)	0,5mm ² /AWG 20
17	Entrada digital configurável D (comutação negativo)	0,5mm ² /AWG 20
18	Terminal H porta CAN	0,5mm ² /AWG 20
19	Terminal L porta CAN	0,5mm ² /AWG 20
20	Comum dos terminais CAN	Blindagem
21	Monitoração de tensão L1 (GMG)	1,0mm ² /AWG 18
22	Monitoração de tensão L2 (GMG)	1,0mm ² /AWG 18
23	Monitoração de tensão L3 (GMG)	1,0mm ² /AWG 18
24	Monitoração neutro N (GMG)	1,0mm ² /AWG 18
25	Monitoração de tensão L1 (concessionária)	1,0mm ² /AWG 18
26	Monitoração de tensão L2 (concessionária)	1,0mm ² /AWG 18
27	Monitoração de tensão L3 (concessionária)	1,0mm ² /AWG 18
28	Monitoração neutro N (concessionária)	1,0mm ² /AWG 18
29	Secundário do TC fase L1 (GMG)	2,5mm ² /AWG 13
30	Secundário do TC fase L2 (GMG)	2,5mm ² /AWG 13
31	Secundário do TC fase L3 (GMG)	2,5mm ² /AWG 13
32	Comum dos TCs (aterrado)	2,5mm ² /AWG 13

Fonte: Próprio autor

3.5.3 Circuito de potência

Levando-se em conta dois circuitos diferentes presentes dentro do QTA, deve-se dimensionar os cabos condutores a serem utilizados no circuito de controle e avaliar no manual da USCA qual condutor elétrico é recomendado na instalação. Utilizando a Tabela 22, é possível observar que os condutores recomendados possuem área entre 0,5 mm² até 2,5 mm². De acordo com o manual da USCA utilizada, o circuito do comando deve ser afastado do circuito de potência a uma distância mínima de 6 mm.

No caso dos condutores de potência do grupo motor-gerador, pode-se utilizar o valor da corrente de projeto da equação (32), pois ela já foi calculada considerando o

método da corrente de projeto para circuito trifásico equilibrado. Não é utilizado o método da queda de tensão pois a distância entre o QTA e o GMG é muito baixa, desta forma ela não deve influenciar na seleção do condutor. Considerando as tabelas da norma NBR 5410 apresentada no anexo B para a instalação, o valor encontrado na tabela para o circuito de potência do QTA é de 50 mm². Por fim, pode-se organizar todos os condutores dimensionados na Tabela 30.

Tabela 30 – Condutores dimensionados

Circuito de Comando	
Condutores AWG 13	2,5 mm ²
Condutores AWG 18	1,0 mm ²
Condutores AWG 20	0,5 mm ²
Circuito de Potência	
QTA, GMG e entrada QGBT	50 mm ²
Entrada UPS	10 mm ²

Fonte: Próprio autor

3.5.4 Fusíveis e disjuntores termomagnéticos

Proteção contra sobrecorrentes são necessários tanto no circuito de potência do GMG quanto da rede concessionária, além disso no circuito de comando algumas conexões exigem a utilização de fusíveis cujas características dependem do dispositivo microprocessado utilizado.

Para a proteção do circuito de controle, o manual da USCA DS4520 apresentado no anexo E mostra todas as conexões e o fusível recomendado para utilização. Neste caso, tem-se o fusível anti-surge de 10 A na entrada de alimentação CC da bateria do gerador e um fusível de 2 A para cada conexão de monitoração da tensão.

Já no caso dos circuitos de potência, é necessário aplicar a regra definida pela expressão (14) e, ao encontrar o valor de I_N e I_R , escolhe-se um disjuntor cujo seu valor de I_D esteja no intervalo das correntes apresentadas. Como $I_N = I_{GC} = 156,62 A$ e $I_R = 175 A$ para condutor de seção nominal 50 mm², é possível selecionar o disjuntor. Como um deles está sendo implementado no GMG, a corrente elétrica deve circular apenas quando a USCA detectar que a máquina está em regime permanente, portanto não há pico de corrente no sistema e desta forma pode-se selecionar um disjuntor tripolar de curva C que é o mais comumente empregado. Seleciona-se um disjuntor tripolar de caixa moldada, curva C e corrente nominal de 160 A para ser implementado no sistema e analogamente o circuito de potência vindo da rede concessionária. A Tabela 31 apresenta os dados do disjuntor selecionado:

Tabela 31 - Disjuntores selecionados do QTA e dados principais

Disjuntor	Local	Corrente Nominal (A)	Capacidade de Interrupção (kA)	Curva
3VM1116-3ED42-0AA0	Saída Concessionária	160 A	25 kA	C
3VM1116-3ED42-0AA0	Saída Gerador	160 A	25 kA	C

Fonte: Próprio autor

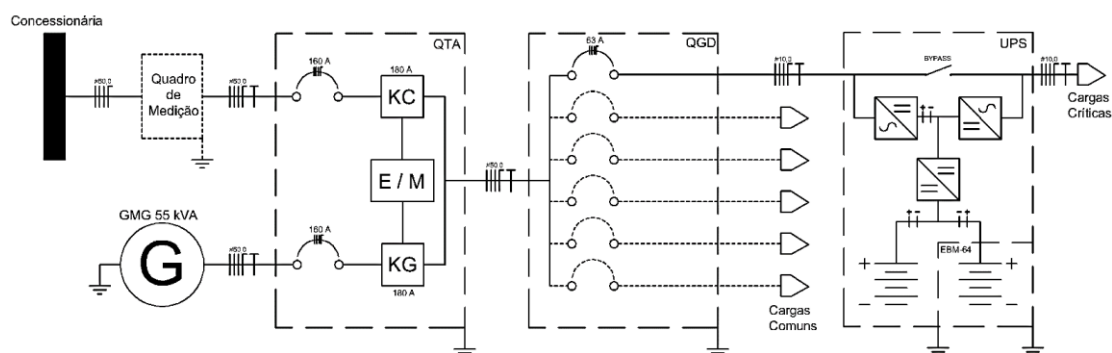
4 APRESENTAÇÃO DOS DIAGRAMAS ELÉTRICOS

Selecionadas todas as máquinas e componentes eletrônicos do dimensionamento, é necessário apresentar os diagramas elétricos e a planta elétrica para o cliente.

4.1 DIAGRAMA UNIFILAR

Para a representação de todo o dimensionamento, pode-se apresentar o diagrama unifilar de todo o sistema de fornecimento ininterrupto na Figura 26:

Figura 26 – Diagrama unifilar completo

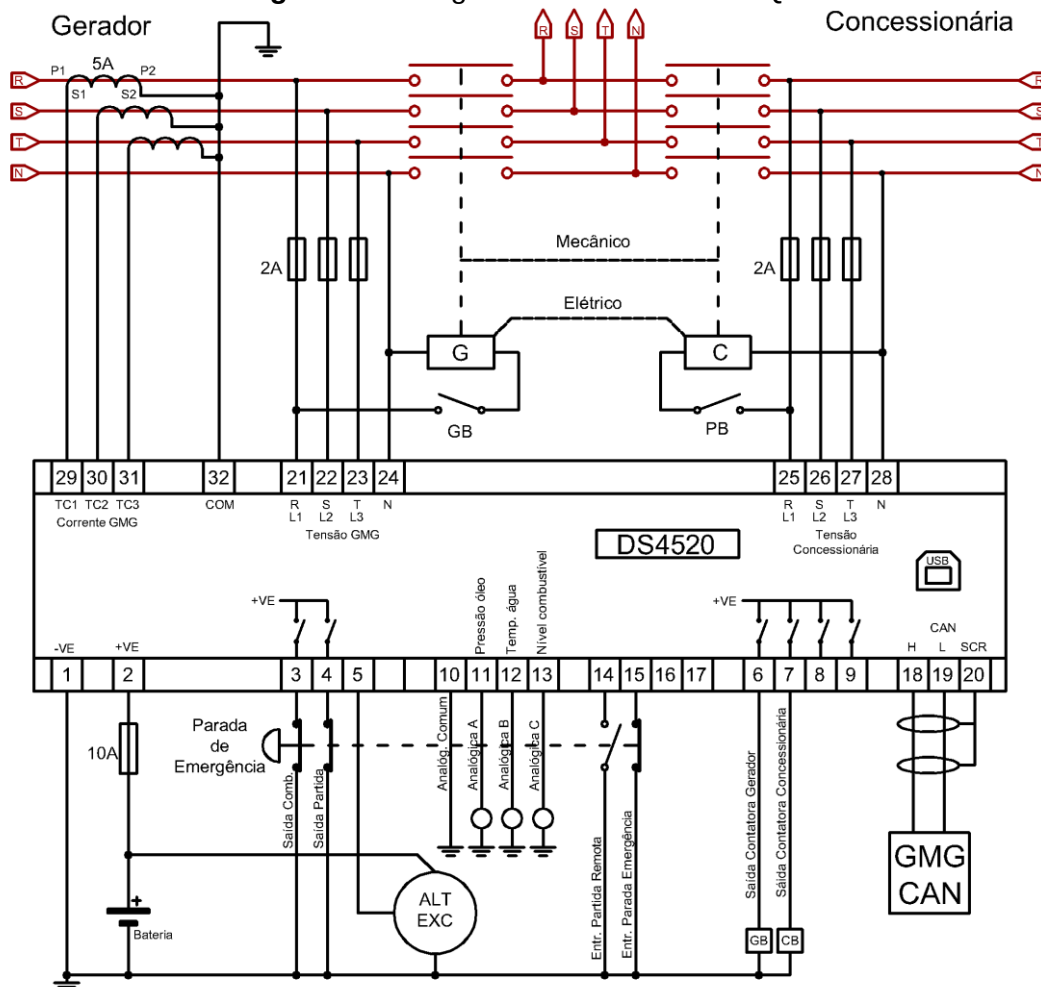


Legendas	
	Grupo motor Gerador
	Disjuntor Termomagnético de quatro polos (3F + N)
	Contator de Potência da Concessionária
	Contator de Potência do Grupo Motor Gerador
	Intertravamento Elétrico e Mecânico
	Contator de Passagem UPS
	Banco de Baterias
	Relação de Conversão da Corrente Elétrica
	Condutor Fase, Neutro e Terra

Fonte: Próprio Autor

4.2 DIAGRAMA MULTIFILAR DO QTA

Começando pela geração reserva, tem-se o diagrama multifilar do QTA conectado junto ao GMG do projeto apresentado na Figura 27.

Figura 27 – Diagrama multifilar GMG e QTA

LEGENDAS

	Contator de potência em um polo
	Transformador de corrente
	Fusível
	Botoeira de interrupção
	Sensores analógicos
	Entrada USB de configuração
	Painel de comandos adicionais
	Comando do contator da Concessionária
	Comando do contator do GMG
	Alternador de excitação do GMG

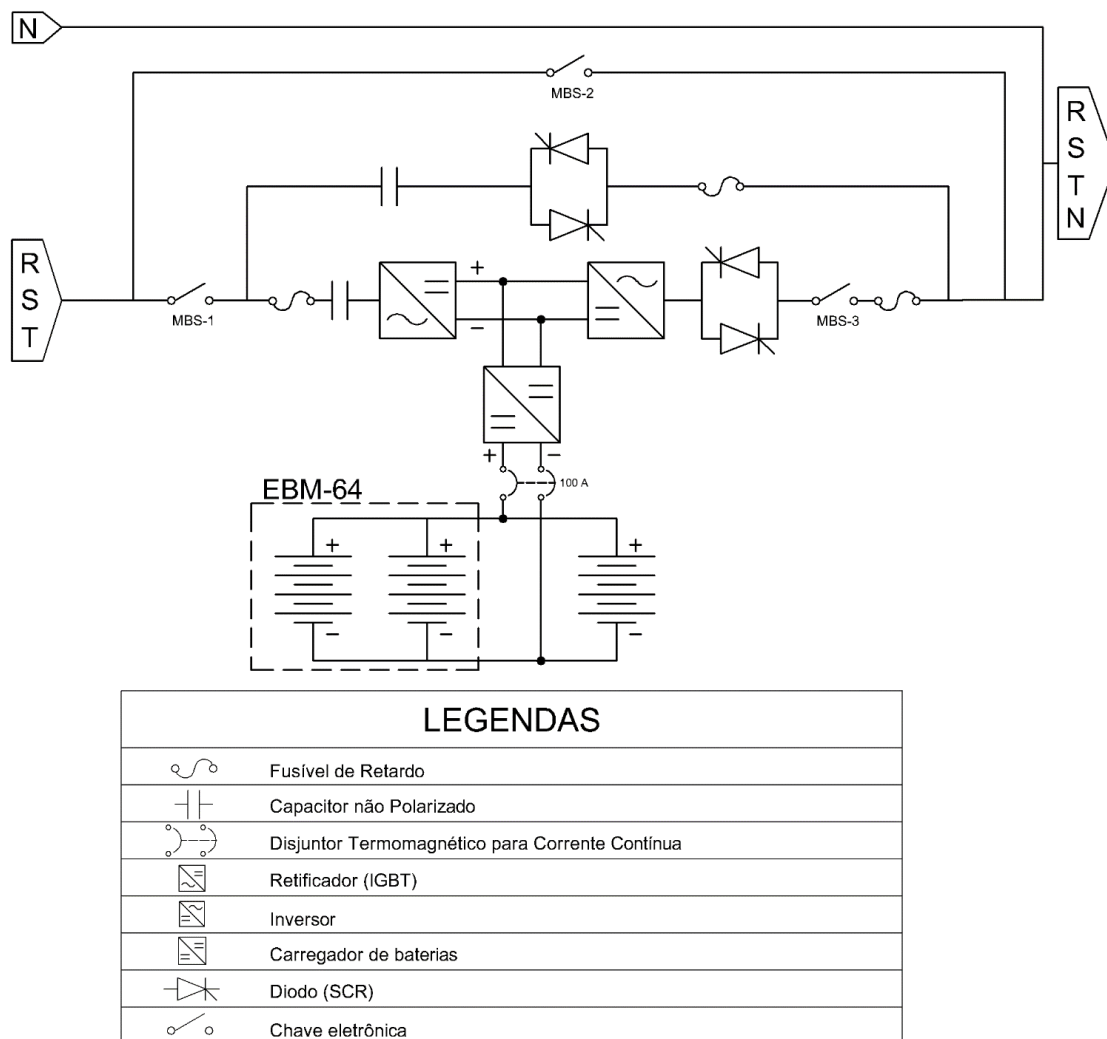
Fonte: Próprio autor

Observa-se que o diagrama é construído seguindo algumas recomendações da NBR 5410 para quadros gerais de distribuição e métodos normalmente implementados por grandes empresas para instalar o QTA.

4.3 DIAGRAMA UNIFILAR INTERNO UPS

A representação do circuito interno do UPS com o objetivo de proteger cargas críticas é apresentado na Figura 28.

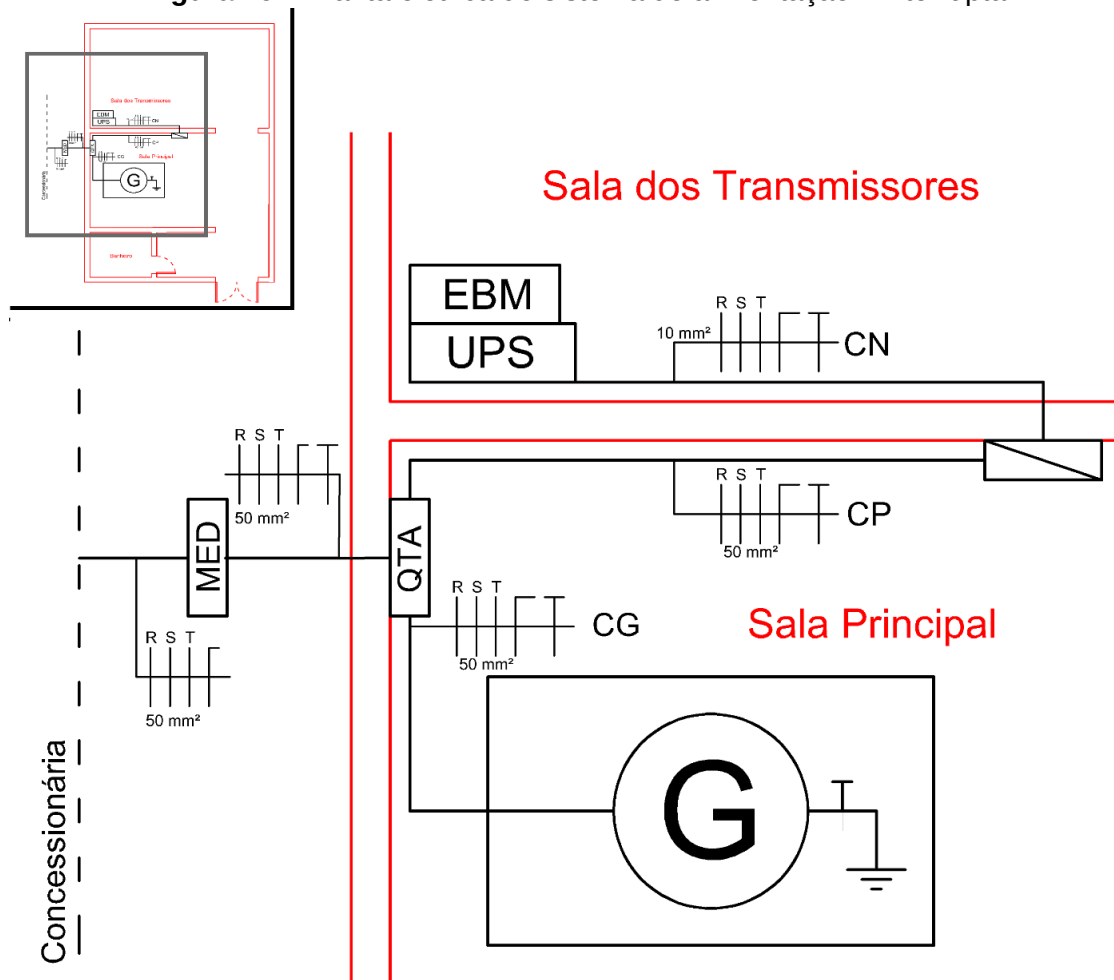
Figura 28 – Diagrama unifilar interno do UPS



Fonte: Próprio autor

4.4 PLANTA EXECUTIVA DO SISTEMA

Adicionalmente, tem-se o circuito do sistema dimensionado na forma de planta baixa na Figura 29. Somente são apresentados os circuitos dos conjuntos dimensionados no caso de estudo pois esta é a parte exigida pelo cliente responsável pela torre de transmissão.

Figura 29 – Planta elétrica do sistema de alimentação ininterrupta

LEGENDAS

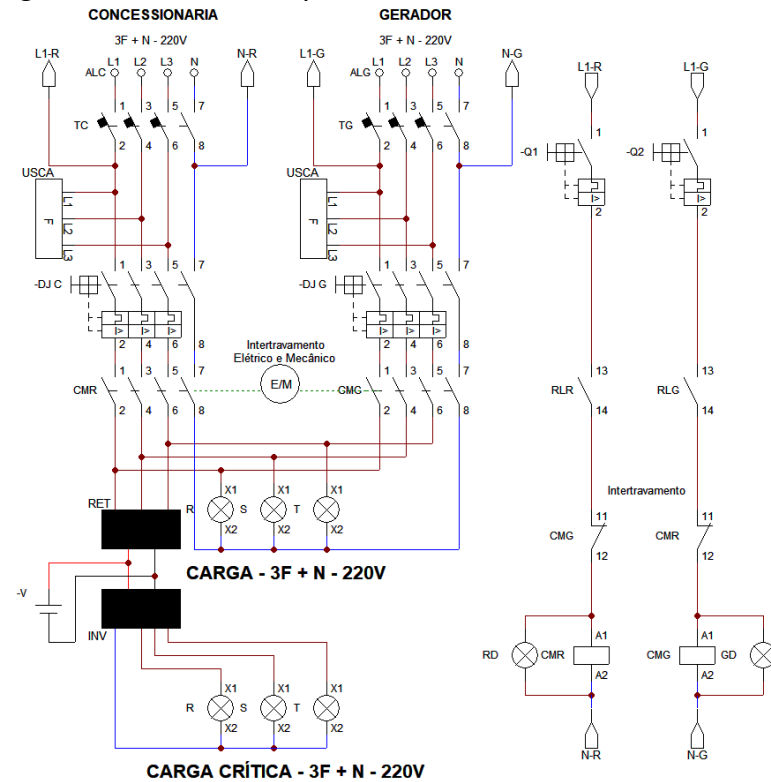
	Grupo Motor Gerador Carenado
	Quadro de Medição do edifício
	Quadro de Transferência Automática
	Módulo UPS Dupla Conversão
	Módulo de Extensão de Baterias para UPS (EBM-64)
	Quadro Geral de Distribuição

Fonte: Próprio autor

4.5 APRESENTAÇÃO DOS REGIMES NO SISTEMA

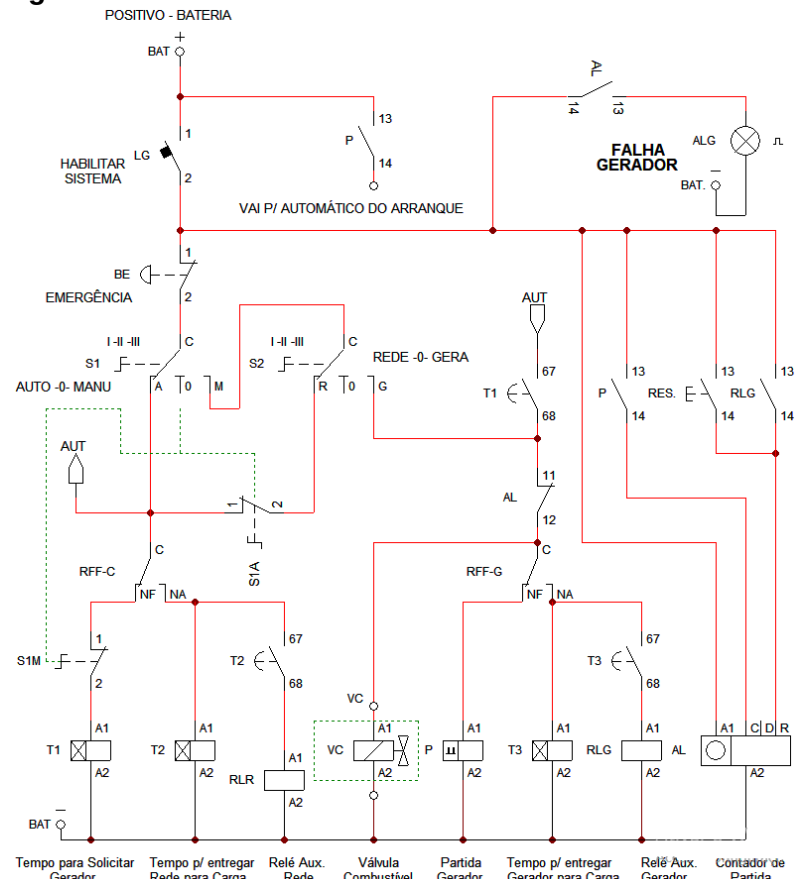
Como o projeto não possui aplicação real, é utilizado o simulador CADe Simu 3.0 para observar a automação nesses circuitos e apresentar os regimes que este sistema de alimentação ininterrupta possui. O circuito simulado representando o sistema dimensionado é apresentado nas figuras 30 e 31.

Figura 30 – Circuito de potência feito no CADe Simu 3.0



Fonte: Próprio autor

Figura 31 – Circuito de controle feito no CADe Simu 3.0



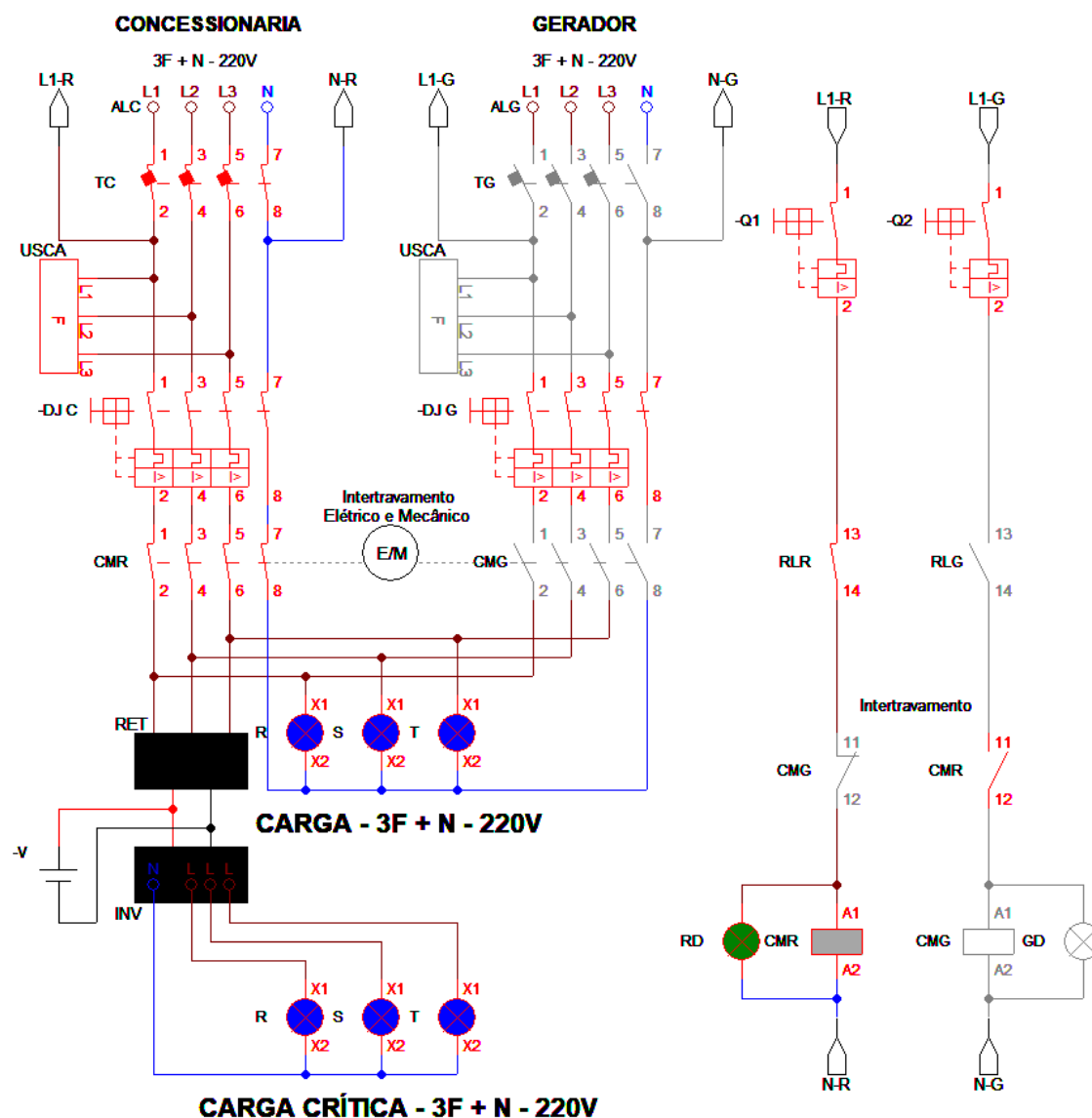
Fonte: Próprio autor

Quando o condutor apresentar coloração original, representa condução de corrente, ou seja, alimentação de energia na linha. Caso o condutor apresente coloração cinza, não há condução de corrente.

4.5.1 Regime normal – Alimentação pela concessionária

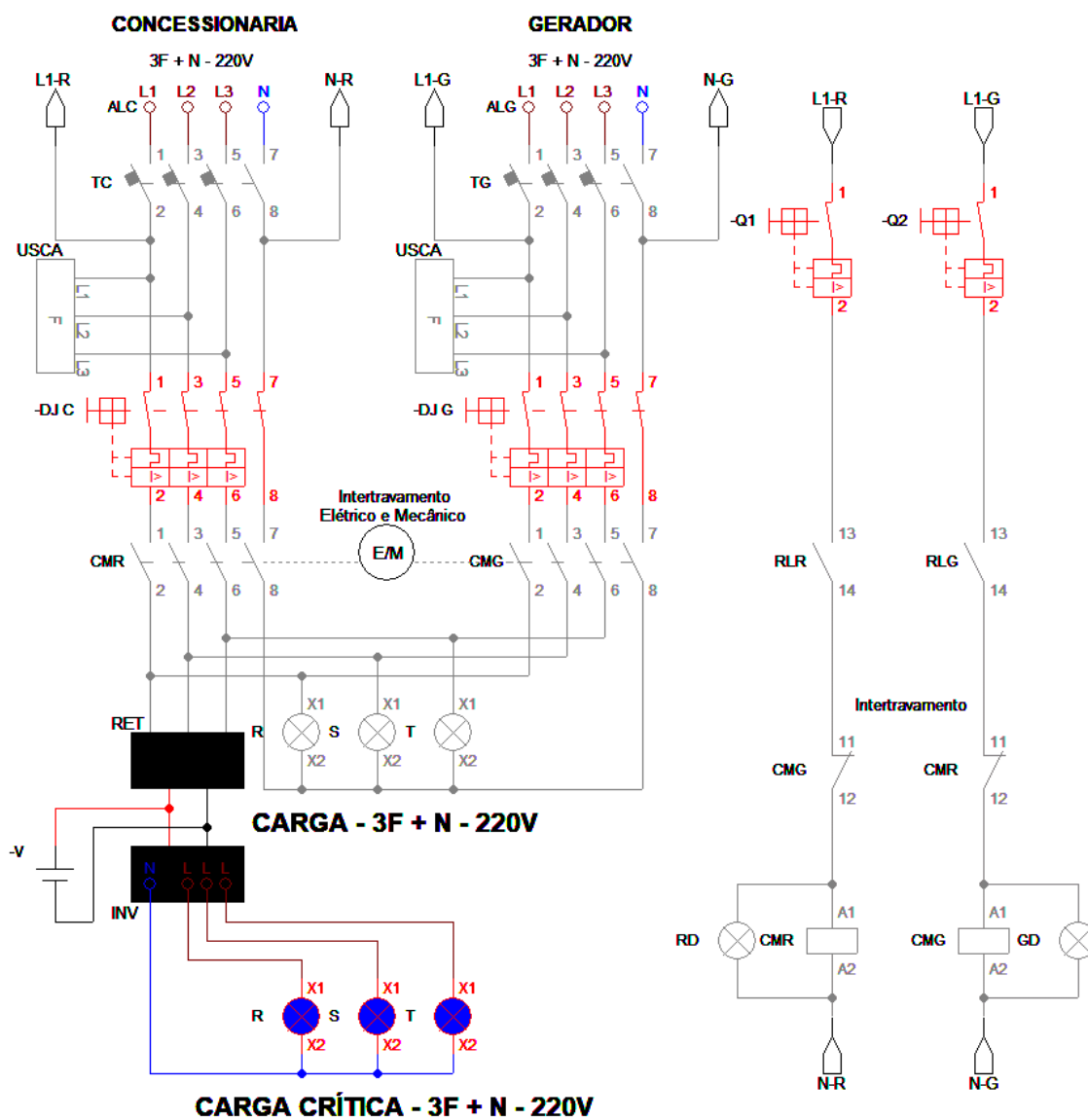
Quando não há nenhum problema na rede elétrica titular, fornecida pela concessionária da região, as cargas são alimentadas pela rede da concessionária, enquanto o GMG se encontra em modo de espera.

Figura 32 – Circuito de potência em regime normal
CIRCUITO DE POTÊNCIA



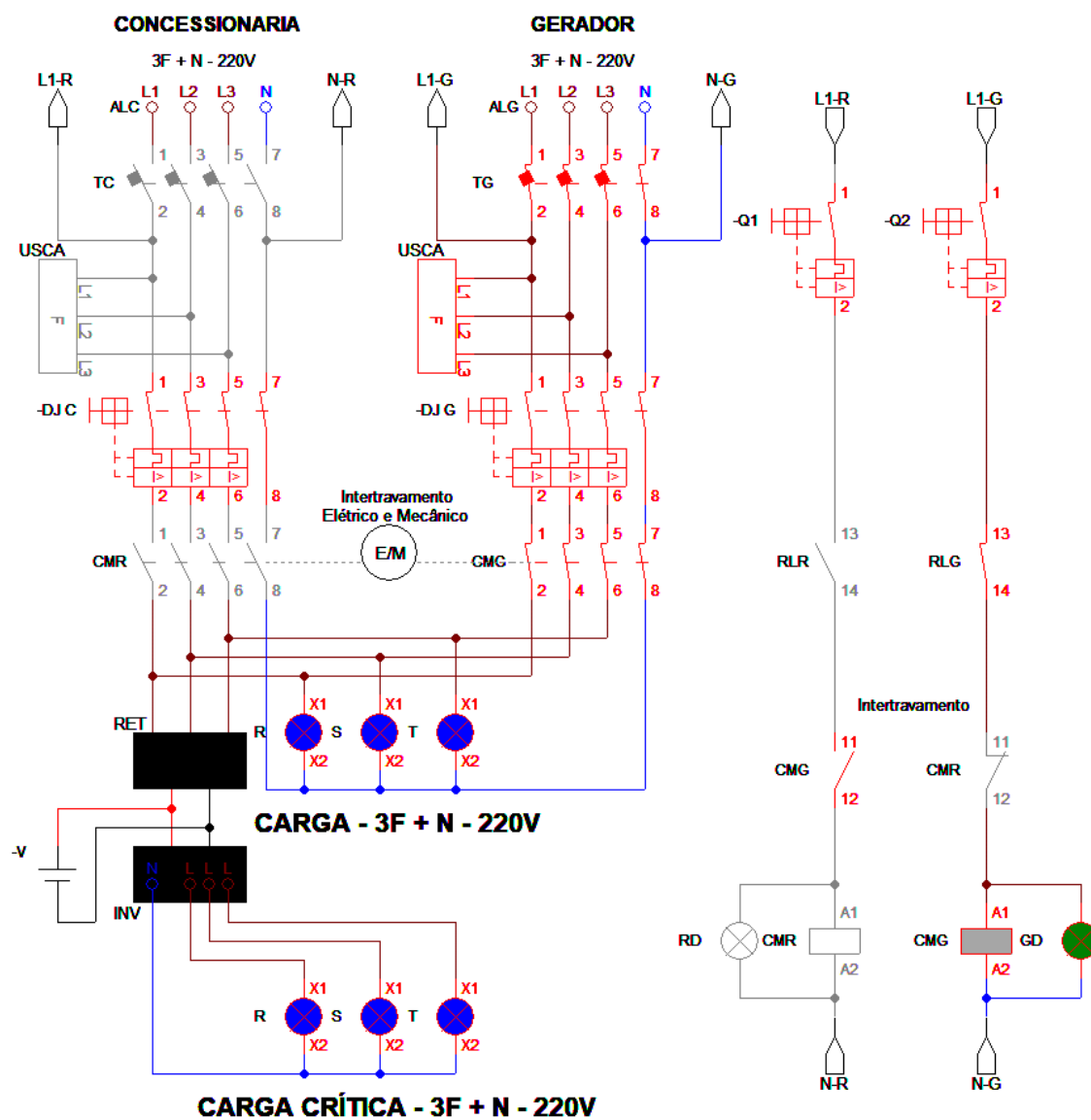
Fonte: Próprio autor

Figura 34 – Circuito de potência em comutação para gerador
CIRCUITO DE POTÊNCIA



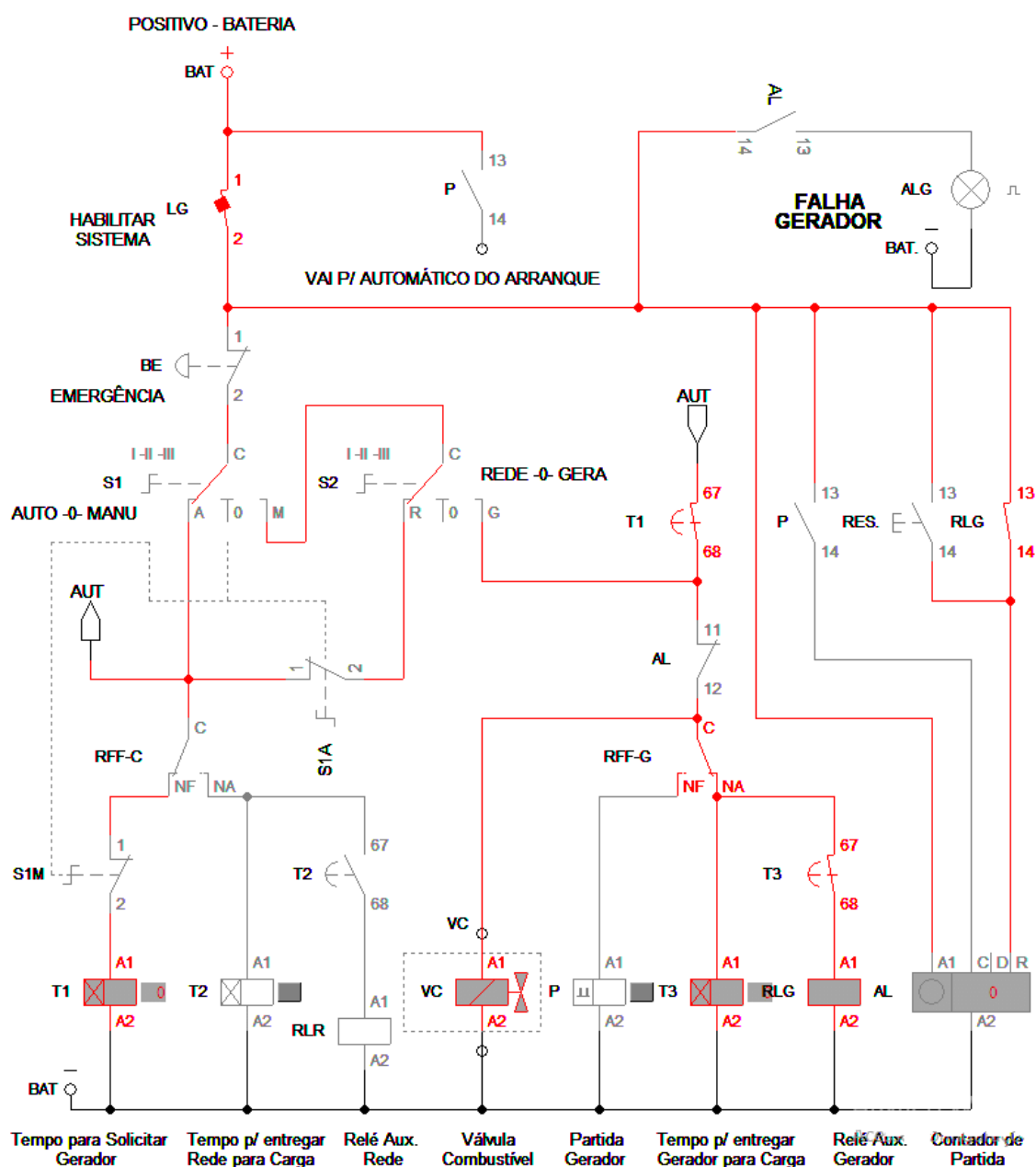
Fonte: Próprio autor

Figura 36 – Circuito de potência em regime GMG
CIRCUITO DE POTÊNCIA



Fonte: Próprio autor

Figura 37 – Circuito de controle em regime GMG
CIRCUITO DE CONTROLE

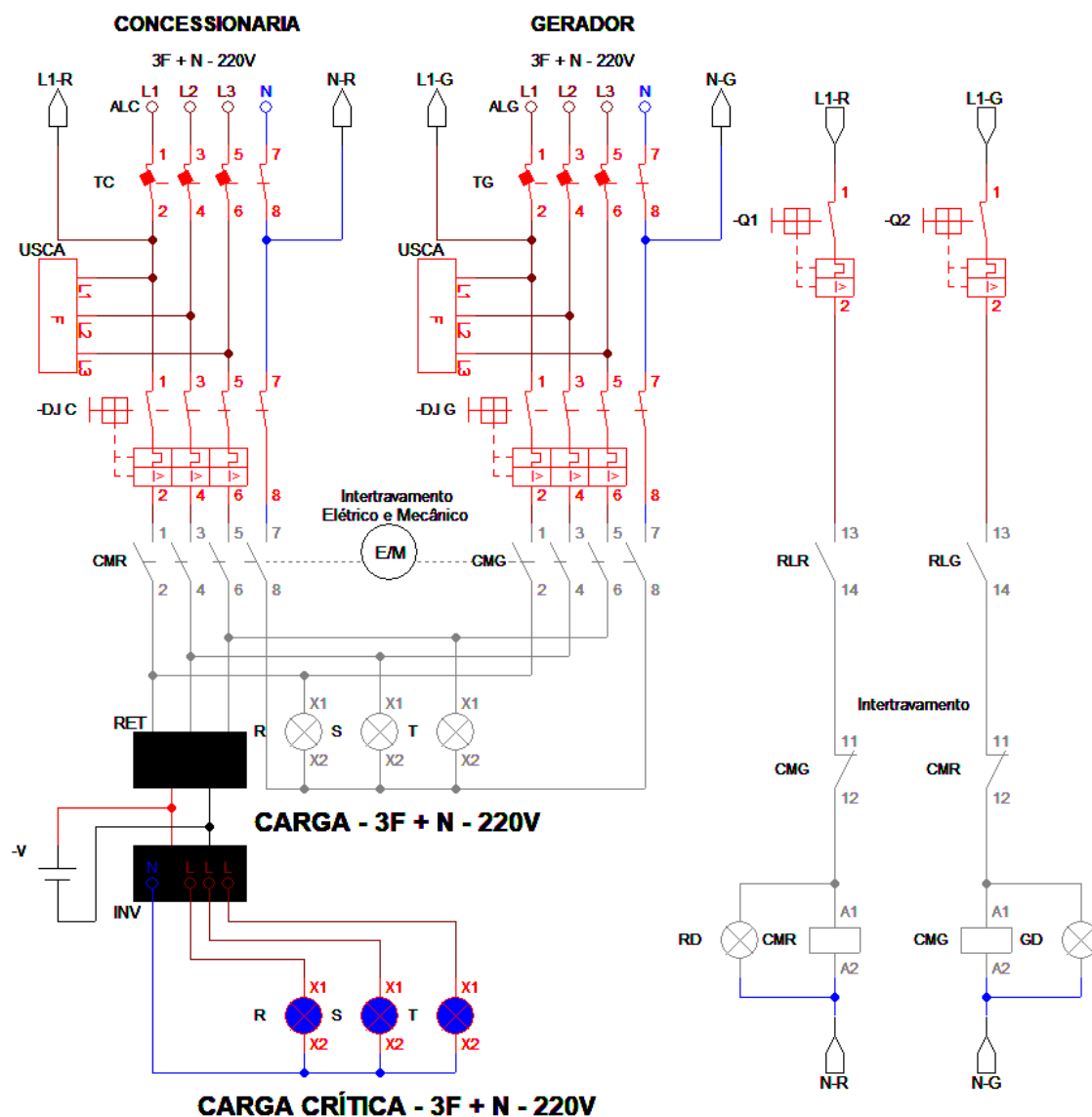


Fonte: Próprio autor

4.5.4 Comutação para concessionária – Normalização da rede principal

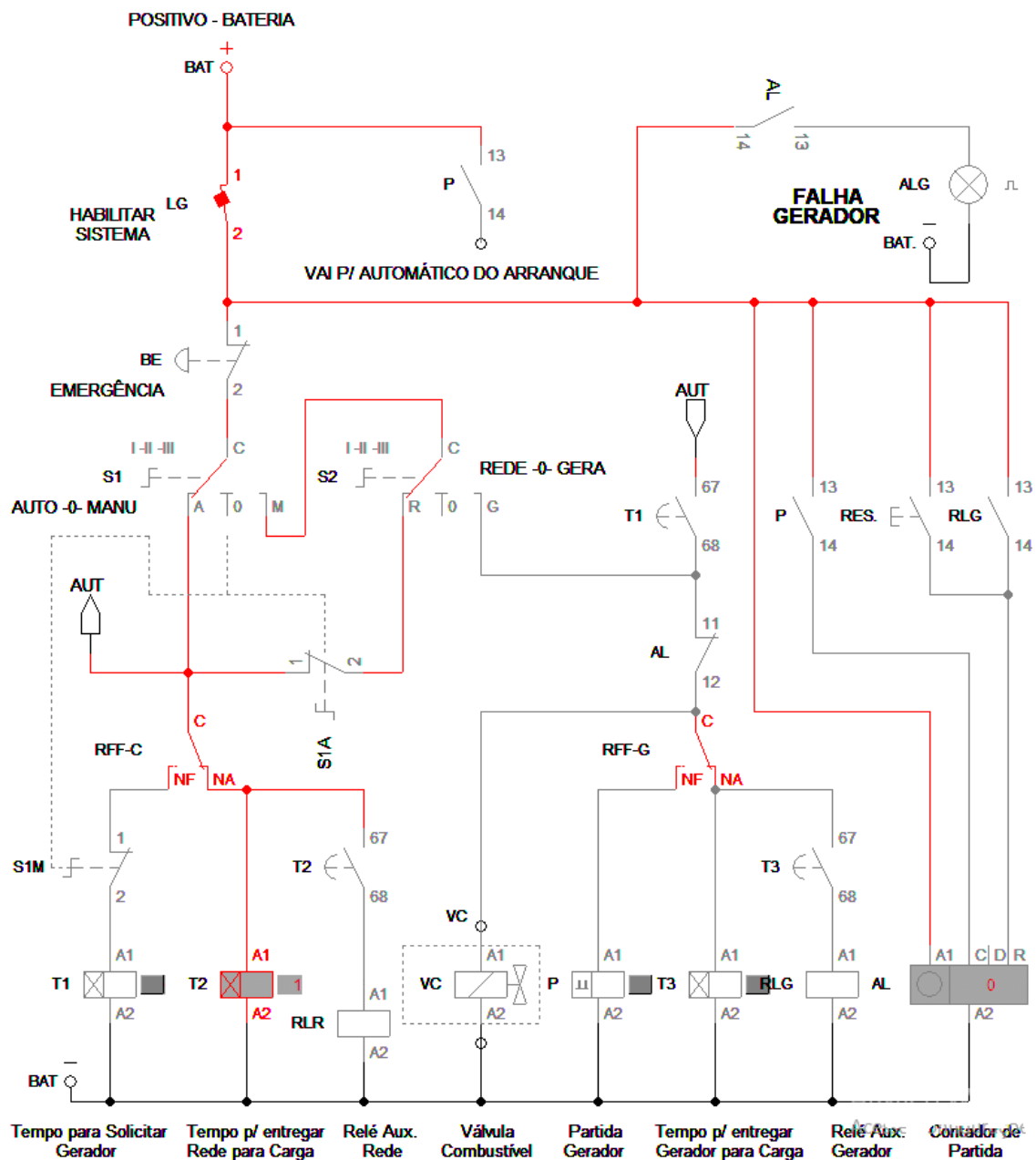
Quando a USCA detecta novamente estabilidade da rede principal os contadores de potência comutam rapidamente o fornecimento elétrico de volta para a alimentação da concessionária, e posteriormente desligando o GMG para o modo de espera novamente.

Figura 38 – Circuito de potência em comutação para concessionária
CIRCUITO DE POTÊNCIA



Fonte: Próprio autor

Figura 39 – Circuito de controle em comutação para concessionária



Fonte: Próprio autor

Observa-se que em nenhum momento as cargas críticas deixaram de ser alimentadas na rede elétrica, satisfazendo assim o desejo do cliente em mantê-las funcionando mesmo com surtos elétricos provocando a troca de fornecimento entre concessionária e grupo motor gerador.

5 CONCLUSÃO

O dimensionamento o GMG e UPS foram realizadas cuidadosamente e os resultados obtidos foram satisfatórios. Porém, em um projeto real, é necessário testar fisicamente os equipamentos nos ambientes onde os componentes serão instalados, apresentando ao cliente o sistema funcional completo. Devido a isso, foi criada simulações para mostrar o funcionamento adequado desses sistemas mesmo que de forma fictícia.

Observa-se, também, a necessidade de outras áreas no auxílio do dimensionamento, principalmente a engenharia mecânica responsável pelo conhecimento na área de escoamento de gases, refrigeração de máquinas e fluidos refrigerantes. Este conteúdo não foi apresentado neste estudo de caso, porém é de extrema importância no controle de temperatura e escoamento de gases como o escoamento de gás carbônico gerado na reação explosiva do diesel e circulação de ar e água para controle de temperatura do GMG.

A utilização dos softwares foi de extrema importância para complementar este trabalho de graduação. O AutoCAD 2022 foi capaz de auxiliar na produção de todos os diagramas elétricos sem maiores dificuldades na simbologia ou em configurações. O CAdE SIMU 3.0 também gerou simulações que complementaram grandemente o conteúdo, porém existiram algumas limitações como por exemplo o fornecimento elétrico na concessionária e gerador serem acionadas de forma manual. Além disso, o sistema UPS implementado também não funciona de forma automática e não há a opção de inversores na biblioteca do software.

Dada complexidade do sistema UPS e GMG para alimentação ininterrupta, todo o trabalho apresentou extrema dificuldade em encontrar informações que forneciam dados para o dimensionamento, o resultado final foi extremamente promissor.

REFERÊNCIAS

- APOLINÁRIO, M. F. **Nobreak Dupla Conversão Monofásico Isolado em Alta Frequência com Tensão de Entrada Bivolt e Potência de 1 kVA, Baseado no Conceito de Circuito Multi-Portas**. Ceará: UFCE. 2017. Disponível em: <<https://repositorio.ufc.br/handle/riufc/23481>>. Acesso em: 25 de nov. 2022.
- BRASIL. Resolução Normativa ANEEL nº 956, de 1 de janeiro de 2022. **Módulo 8: Qualidade da Energia Elétrica**, Agência Nacional de Energia Elétrica, Brasília, DF, 1 de jan. 2021
- EATON. **Types of UPS Systems**. 2022. Disponível em: <<https://tripplite.eaton.com/products/ups-types>>. Acesso em: 27 de nov. 2022.
- Enel Brasil. Nota Técnica 6.008 v.7.0, abril de 2019. **Requisitos mínimos para interligação de gerador particular com a rede de distribuição São Paulo Utilizando sistema de transferência automática com interrupção**. Diretoria de Engenharia, São Paulo, SP, p.18.
- Fibracem. **O que é grau de proteção (IP)?**. 2021. Disponível em: <<https://www.fibracem.com/o-que-e-grau-de-protecao-ip/>>. Acesso em: 15 de dez. 2022
- GUIMARÃES, P. Elétrica Academy – Oficial. **MINICURSO: Dimensionamento de gerador**. 2022. Disponível em <https://www.youtube.com/watch?v=4GFGE3G_jc>. Acesso em: 30 de dez. 2022.
- KSTAR. **The differences between sine wave UPS and square wave UPS**. 2020. Disponível em: <<https://www.kstar.com/indexproblem/17355.jhtml>>. Acesso em 28 de nov. 2022.
- LOGMASTER. **Energia elétrica ininterrupta: Qual é a relação?**. 2022. Disponível em: <<https://www.logmaster.com.br/energia-eletrica-e-energia-ininterrupta-qual-e-a-relacao>>. Acesso em: 24 de nov. 2022.
- MATTEDE, H. **Circuito de comandos – Saiba o que é e qual sua aplicação!**. 2016. Disponível em: <<https://www.mundodaeletrica.com.br/circuito-de-comandos-saiba-o-que-e-e-qual-sua-aplicacao/>>. Acesso em: 10 de jan. 2023.
- MCFARLANE, R. MILSON, S. WILKE, L. **Uninterruptible power supply (UPS)**. 2022. Disponível em: <<https://www.techtarget.com/searchdatacenter/definition/uninterruptible-power-supply>>. Acesso em: 27 de nov. 2022.
- PEREIRA, A. T. **Método de Controle e Supervisão para Grupos Motores Geradores com Velocidade Variável**. 2013. Disponível em: <<https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/8524/PEREIRA%20ALEXANDRE%20TREVISAN.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Acesso em: 2 de dez. 2022.
- PEREIRA, J. C. **Motores e Geradores – Princípios de funcionamento, instalação, operação e manutenção de grupos díesel geradores**. 2012. Disponível em: <<https://www.joseclaudio.eng.br/>>. Acesso em: 2 de dez. 2022.

- Sala da Elétrica. **Motor de 12 Pontas**. 2022. Disponível em: <<https://www.saladaeletrica.com.br/comandos-eletricos/fechamento-motor-12-pontas/>>. Acesso em: 25 de jan. 2023.
- Sala da Elétrica. **Motor de 6 Pontas**. 2022. Disponível em: <<https://www.saladaeletrica.com.br/comandos-eletricos/fechamento-motor-6-pontas/>>. Acesso em: 25 de jan. 2023.
- SERAFIM, E. S. **H5 – Conhecer circuito de força e comando de motores, H3 – Interpretar circuitos elétricos de Comando**. 2011. Disponível em: <https://wiki.ifsc.edu.br/mediawiki/images/f/fc/Aula_2_Acionamentos_Eletricos_H3_e_H5.pdf>. Acesso em: 11 de jan. 2023.
- Strazmaq. **QTA quadro transferência automática**. 2021. Disponível em: <<https://www.strazmaq.com/qta-quadro-transferencia-automatica>>. Acesso em: 15 de fev. 2023.
- TEIXEIRA, M. D. **TE 131 Proteção de Sistemas Elétricos Capítulo 5 – Proteção de Geradores Síncronos**. 2019. Disponível em: <http://www.eletr.ufpr.br/p/_media/professores:mateus:te_131_-_capitulo_5.pdf>. Acesso em: 10 de jan. 2023.
- TOSSI, L. BRAGA, H. **Condicionamento de Energia**. 2015. São Paulo. Editora Atitude Editorial, 2006.
- VERTIV. **What Are The Different Types of UPS Systems?**. 2022. Disponível em: <<https://www.vertiv.com/en-emea/about/news-and-insights/articles/educational-articles/what-are-the-different-types-of-ups-systems/>>. Acesso em: 24 de nov. 2022.
- WEG Equipamentos Elétricos S.A. **DT-5: Características e Especificações de Geradores**. 2020. Disponível em: <<https://static.weg.net/medias/downloadcenter/h68/h68/WEG-curso-dt5-caracter-sticas-e-especifica-o-de-geradores-artigo-tecnico-portugues.pdf>>. Acesso em: 30 de nov. 2022.
- WMTECH Elétrica & Automação. **QTA | Quadro de Transferência Automática - Rede e Gerador - Comandos Elétricos**. 2022. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=yEGGb2xpAuo>>.
- ZANCAN, M. D. **Controladores Programáveis**. Santa Maria: eTec Brasil, 2011.

ANEXO A – ESPECIFICAÇÕES UPS EATON 9355 15 kVA

Table 4. Eaton 9355 10–15 kVA UPS: Recommended Terminal Block Wiring (Continued)

Model	Voltage	Wire Function	Feeder Circuit Breaker Rating	L1, L2, L3, N Wire Size ¹	Ground Wire Size ¹	Tightening Torque	Conduit Size ^{2,3} (Number of Conduits)
Eaton 9355 15 kVA UPS System	208	Input UPS Module, TB1 WYE / 4-Wire	60A	4 AWG	10 AWG	120 lb in (13.5 Nm)	1.25" conduit (1)
	220						
	480	Input XFMR Module Delta / 3-Wire	30A	10 AWG	10 AWG	120 lb in (13.5 Nm)	1.00" conduit (1)
	600		25A				
	208	Output UPS Module, TB1 WYE / 4-Wire		6 AWG	10 AWG	120 lb in (13.5 Nm)	1.00" conduit (1)
	220						
	480 (with transformer)			6 AWG	10 AWG	25 lb in (2.8 Nm)	1.00" conduit (1)
	600 (with transformer)						

¹ Use only 90°C-rated copper wire. Minimum wire size is based on 120/208 full load ratings applied to National Electrical Code (NEC) Table 310-104(A). Code may require a larger AWG size than shown in this table because of temperature, number of conductors in the conduit, or long service runs. Follow local requirements.

² Per NEC article 300 20(a) for Ferrous Metal Raceways, all three-phase conductors must be run in the same conduit. Neutral and ground must be run in the same conduit as the phase conductors.

³ Conduit is sized to accommodate one neutral conductor the same size as the phase conductor and one #8 AWG ground conductor. If two neutral conductors or an oversized neutral conductor are to be installed, check the size of the conduit needed to accommodate the extra wire or size and use that conduit size in place of the conduit size listed. Conduit sizes were chosen from NEC Table C1, type letters RHH, RHW, RHW 2, TW, THW, THHW, THW 2.

Fonte: EATON

Chapter 10 Product Specifications

This section provides the following specifications:

- Model list
- Dimensions and weights
- Environmental and safety specifications
- Technical specifications
- Model specifications
- Battery specifications
- Battery runtimes

Table 14. Model List

UPS	Description	Power Rating
9355-10-32	2-high: UPS with one battery section	10 kVA, 9 kW
	3-high: UPS with one battery and one isolation transformer section	
9355-10-64	3-high: UPS with two battery sections	10 kVA, 9 kW
9355-15-32	2-high: UPS with one battery section	15 kVA, 13.5 kW
	3-high: UPS with one battery and one isolation transformer section	
9355-15-64	3-high: UPS with two battery sections	15 kVA, 13.5 kW
Extended Battery Module (EBM)	Description	
EBM-64	2-high: two battery sections	
EBM-96	3-high: three battery sections	

Table 15. Dimensions and Weights

	Dimensions (H x W x D)	Weight
2-High UPS	32.2" x 12" x 33.5" (81 x 30 x 85 cm)	381 lb (173 kg)
3-High UPS-32	47.8" x 12" x 33.5" (121.5 x 30 x 85 cm)	587 lb (266 kg)
3-High UPS-64	47.8" x 12" x 33.5" (121.5 x 30 x 85 cm)	619 lb (281 kg)
2-High EBM	32.2" x 12" x 30.3" (81 x 30 x 77 cm)	480 lb (218 kg)
3-High EBM	47.8" x 12" x 30.3" (121.5 x 30 x 77 cm)	710 lb (322 kg)

Advanced Battery Management (ABM) technology uses sophisticated sensing circuitry and a three-stage charger. The charger is a high-frequency, IGBT-based power conversion stage that extends the useful service life of UPS batteries by isolating the battery from the electrical environment, except for periodic charging or reserve mode operation. ABM also protects batteries from damage due to high current charging and inverter ripple currents. Charging at high currents can overheat and damage batteries.

Fonte: EATON

Table 16. Environmental and Safety Specifications

Operating Temperature	50°F to 104°F (10°C to 40°C) Optimal battery performance: 77°F (25°C)
Transit Temperature	-13°F to 131°F (-25°C to 55°C)
Storage Temperature	32°F to 77°F (0°C to 25°C) Recommended battery storage: 59°F to 77°F (15°C to 25°C)
Ventilation	Front air intake, forced air, two fans, positive pressurization, temperature UPS-monitored
Altitude	9,843 ft (3,000m) operating without derating 32,810 ft (10,000m) during transportation
Relative Humidity	5 95% noncondensing
Audible Noise	<56 dBA at 1 meter distance, typical loads<62 dBA for heavy load, high ambient or high altitude, on battery
Surge Suppression	ANSI C62.41 Category B3, IEC 61000-4-5
Safety Conformance	UL1778 5th Edition, CSA C22.2 No. 107.3-14, NOM-NYCE
Agency Markings	cULus, NOM-NYCE
EMC (Class A)	47 CFR Part 15/ICES-003 Class A

Table 17. Technical Specifications

Technology	Online, double conversion topology with static bypass switch and 3 position maintenance bypass switch. Frequency independent operation.
Input Voltage Range	75/130 144/249 Vac per phase
Input Power Factor	>0.99 at full load nominal line conditions
Input Rated Voltage	120/208 or 127/220 Vac three-phase
Isolation Transformer Input Voltage Range	480V or 600V $\pm 20\%$ 60 Hz only
Input Frequency Range	45 65 Hz
Input Rated Frequency	50/60-Hz selectable, auto configuring
Output Voltage Regulation	$\pm 1\%$ static, Phase to Neutral $\pm 2\%$ static, Phase to Phase $\pm 5\%$ dynamic at 100% resistive load change Response time <1 ms
Output Voltage Distortion	<2% THD linear load<5% THD non linear load
Output Frequency	50/60-Hz selectable or auto configuring
Output Frequency Regulation	Synchronization to line
Output Overload	101 110% for 10 minutes 111 125% for 60 seconds 126 149% for 5 seconds>150% for 300 milliseconds

Fonte: EATON

Table 18. Model Specifications — 10 kVA Model

10 kVA Model				
Output Voltage (Line Line)	208	208	208	220
Output Voltage (Line Neutral)	120	120	120	127
Input Voltage	208	480 (with input isolation transformer)	600V (with input isolation transformer)	220
Input Current	32.2A	16A	13.3A	30.5A
Output Current	27.8A	27.8A	27.8A	26.2A
Output kVA	10	10	10	10
Output kW	9	9	9	9
Efficiency (Minimum)	89%	83%	83%	89%
Heat Rejection [BTU/hr (kg-cal/hr)]	3798 (956)	6294 (1585)	6294 (1585)	3798 (956)

Table 19. Model Specifications — 15 kVA Model

15 kVA Model				
Output Voltage (Line Line)	208	208	208	220
Output Voltage (Line Neutral)	120	120	120	127
Input Voltage	208	480 (with input isolation transformer)	600 (with input isolation transformer)	220
Input Current	48A	24A	20A	45.7A
Output Current	41.6A	41.6A	41.6A	39.4A
Output kVA	15	15	15	15
Output kW	13.5	13.5	13.5	13.5
Efficiency (Minimum)	90%	85%	85%	90%
Heat Rejection [BTU/hr (kg-cal/hr)]	5122 (1290)	8134 (2048)	8134 (2048)	5122 (1290)

Table 20. Battery Specifications

Battery Type	9 Ah sealed, valve-regulated lead acid (VRLA), maintenance-free, minimum 3-year float service life at 25°C (77°F), voltage 192 Vdc (96 cells per string)
Number of Strings	Maximum of 22 strings per full configuration, including UPS batteries (4 EBM-64 cabinets or 3 EBM-96 cabinets, plus UPS batteries)UPS-32: 2 strings; UPS-64: 4 strings EBM-64: 4 strings; EBM-96: 6 strings
Battery Replacement	Must be replaced by a qualified service technician
Charger	Service configurable 0.5 34A per string, with overall maximum of 34A (limited by input current). Default: 3.4A per string

Fonte: EATON

Table 20. Battery Specifications (Continued)

Charging	Internal battery: approximately 3 hours to 80% usable capacity at nominal line voltage after full load discharge External battery: no more than 10x discharge time to 90% usable capacity at nominal line voltage after full load discharge
Start-on-Battery	Allows start of UPS without utility input
Performance	ABM technology increases battery service life, optimizes recharge time, and provides a warning before the end of useful battery life
Protection	Extended Battery Module output protected by 100A circuit breaker

Table 21. Battery Runtimes (in Minutes) at Full Load

2-High Cabinets					
Load	32 Internal UPS Batteries	(1) EBM-64	(2) EBM-64	(3) EBM-64	(4) EBM-64
15 kVA/13.5 kW	4	23	43	65	88
10 kVA/9 kW	8	37	69	106	144
3-High Cabinets					
Load	64 Internal UPS Batteries	(1) EBM-96	(2) EBM-96	(3) EBM-96	
15 kVA/13.5 kW	13	43	76	113	
10 kVA/9 kW	22	69	124	184	
NOTE Battery times are approximate and vary depending on the load configuration and battery charge.					

Fonte: EATON

ANEXO B – TABELAMENTO PARA CONDUTORES NBR 5410

Tabela 33 (continuação)

Método de instalação número	Esquema ilustrativo	Descrição	Método de referência ¹⁾
33		Condutores isolados ou cabos unipolares em canaleta fechada embutida no piso	B1
34		Cabo multipolar em canaleta fechada embutida no piso	B2
35		Condutores isolados ou cabos unipolares em eletrocalha ou perfilado suspenso(o)	B1
36		Cabo multipolar em eletrocalha ou perfilado suspenso(o)	B2
41		Condutores isolados ou cabos unipolares em eletroduto de seção circular contido em canaleta fechada com percurso horizontal ou vertical ⁷⁾	$1,5 D_e \leq V < 20 D_e$ B2 $V \geq 20 D_e$ B1
42		Condutores isolados em eletroduto de seção circular contido em canaleta ventilada embutida no piso	B1
43		Cabos unipolares ou cabo multipolar em canaleta ventilada embutida no piso	B1
51		Cabo multipolar embutido diretamente em parede termicamente isolante ²⁾	A1

Fonte: ABNT

Tabela 42 — Fatores de correção aplicáveis a condutores agrupados em feixe (em linhas abertas ou fechadas) e a condutores agrupados num mesmo plano, em camada única

Ref.	Forma de agrupamento dos condutores	Número de circuitos ou de cabos multipolares												Tabelas dos métodos de referência
		1	2	3	4	5	6	7	8	9 a 11	12 a 15	16 a 19	≥20	
1	Em feixe: ao ar livre ou sobre superfície; embutidos; em conduto fechado	1,00	0,80	0,70	0,65	0,60	0,57	0,54	0,52	0,50	0,45	0,41	0,38	36 a 39 (métodos A a F)
2	Camada única sobre parede, piso, ou em bandeja não perfurada ou prateleira	1,00	0,85	0,79	0,75	0,73	0,72	0,72	0,71	0,70				36 e 37 (método C)
3	Camada única no teto	0,95	0,81	0,72	0,68	0,66	0,64	0,63	0,62	0,61				
4	Camada única em bandeja perfurada	1,00	0,88	0,82	0,77	0,75	0,73	0,73	0,72	0,72				38 e 39 (métodos E e F)
5	Camada única sobre leito, suporte etc.	1,00	0,87	0,82	0,80	0,80	0,79	0,79	0,78	0,78				
NOTAS														
1 Esses fatores são aplicáveis a grupos homogêneos de cabos, uniformemente carregados.														
2 Quando a distância horizontal entre cabos adjacentes for superior ao dobro de seu diâmetro externo, não é necessário aplicar nenhum fator de redução.														
3 O número de circuitos ou de cabos com o qual se consulta a tabela refere-se														
– à quantidade de grupos de dois ou três condutores isolados ou cabos unipolares, cada grupo constituindo um circuito (supondo-se um só condutor por fase, isto é, sem condutores em paralelo), e/ou														
– à quantidade de cabos multipolares que compõe o agrupamento, qualquer que seja essa composição (só condutores isolados, só cabos unipolares, só cabos multipolares ou qualquer combinação).														
4 Se o agrupamento for constituído, ao mesmo tempo, de cabos bipolares e tripolares, deve-se considerar o número total de cabos como sendo o número de circuitos e, de posse do fator de agrupamento resultante, a determinação das capacidades de condução de corrente, nas tabelas 36 a 39, deve ser então efetuada:														
– na coluna de dois condutores carregados, para os cabos bipolares; e														
– na coluna de três condutores carregados, para os cabos tripolares.														
5 Um agrupamento com N condutores isolados, ou N cabos unipolares, pode ser considerado composto tanto de N/2 circuitos com dois condutores carregados quanto de N/3 circuitos com três condutores carregados.														
6 Os valores indicados são médios para a faixa usual de seções nominais, com dispersão geralmente inferior a 5%.														

Fonte: ABNT

Tabela 41— Fatores de correção para linhas subterrâneas em solo com resistividade térmica diferente de 2,5 K.m/W

Resistividade térmica K.m/W	1	1,5	2	3
Fator de correção	1,18	1,1	1,05	0,96
NOTAS 1 Os fatores de correção dados são valores médios para as seções nominais abrangidas nas tabelas 36 e 37, com uma dispersão geralmente inferior a 5%. 2 Os fatores de correção são aplicáveis a cabos em eletrodutos enterrados a uma profundidade de até 0,8 m. 3 Os fatores de correção para cabos diretamente enterrados são mais elevados para resistividades térmicas inferiores a 2,5 K.m/W e podem ser calculados pelos métodos indicados na ABNT NBR 11301.				

Fonte: ABNT

Tabela 40 — Fatores de correção para temperaturas ambientes diferentes de 30°C para linhas não-subterrâneas e de 20°C (temperatura do solo) para linhas subterrâneas

Temperatura °C	Isolação	
	PVC	EPR ou XLPE
Ambiente		
10	1,22	1,15
15	1,17	1,12
20	1,12	1,08
25	1,06	1,04
35	0,94	0,96
40	0,87	0,91
45	0,79	0,87
50	0,71	0,82
55	0,61	0,76
60	0,50	0,71
65	—	0,65
70	—	0,58
75	—	0,50
80	—	0,41
Do solo		
10	1,10	1,07
15	1,05	1,04
25	0,95	0,96
30	0,89	0,93
35	0,84	0,89
40	0,77	0,85
45	0,71	0,80
50	0,63	0,76
55	0,55	0,71
60	0,45	0,65
65	—	0,60
70	—	0,53
75	—	0,46
80	—	0,38

Fonte: ABNT

Tabela 37 — Capacidades de condução de corrente, em ampères, para os métodos de referência A1, A2, B1, B2, C e D

Condutores: cobre e alumínio

Isolação: EPR ou XLPE

Temperatura no condutor: 90°C

Temperaturas de referência do ambiente: 30°C (ar), 20°C (solo)

Seções nominais mm ²	Métodos de referência indicados na tabela 33											
	A1		A2		B1		B2		C		D	
	Número de condutores carregados											
	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)
Cobre												
0,5	10	9	10	9	12	10	11	10	12	11	14	12
0,75	12	11	12	11	15	13	15	13	16	14	18	15
1	15	13	14	13	18	16	17	15	19	17	21	17
1,5	19	17	18,5	16,5	23	20	22	19,5	24	22	26	22
2,5	26	23	25	22	31	28	30	26	33	30	34	29
4	35	31	33	30	42	37	40	35	45	40	44	37
6	45	40	42	38	54	48	51	44	58	52	56	46
10	61	54	57	51	75	66	69	60	80	71	73	61
16	81	73	76	68	100	88	91	80	107	96	95	79
25	106	95	99	89	133	117	119	105	138	119	121	101
35	131	117	121	109	164	144	146	128	171	147	146	122
50	158	141	145	130	198	175	175	154	209	179	173	144
70	200	179	183	164	253	222	221	194	269	229	213	178
95	241	216	220	197	306	269	265	233	328	278	252	211
120	278	249	253	227	354	312	305	268	382	322	287	240
150	318	285	290	259	407	358	349	307	441	371	324	271
185	362	324	329	295	464	408	395	348	506	424	363	304
240	424	380	386	346	546	481	462	407	599	500	419	351
300	486	435	442	396	628	553	529	465	693	576	474	396
400	579	519	527	472	751	661	628	552	835	692	555	464
500	664	595	604	541	864	760	718	631	966	797	627	525
630	765	685	696	623	998	879	825	725	1 122	923	711	596
800	885	792	805	721	1 158	1 020	952	837	1 311	1 074	811	679
1 000	1 014	908	923	826	1 332	1 173	1 088	957	1 515	1 237	916	767

Fonte: ABNT

ANEXO C – ESPECIFICAÇÕES GRUPO MOTOR GERADOR

1. Gerador 55 kVA - 60Hz



POWERED BY



MWM

DSE

WEQ

2. Informações Técnicas

Especificações do Gerador	Unidade	Descrições		
Classe de Regulação		ISO8528		
Frequência	Hz	60		
Fator de Potência		0,8		
Tensão Trifásica	Vca	220 / 127 - 380 / 220 - 440 / 254		
Regime de operação		Stand-By	Prime	COP
Potência do Grupo Gerador	kVA / kW	55 / 44	50 / 40	40 / 32
Potência do Motor Acionador	CV	73,3	66,5	53
Tanque de Combustível		Na Base de 100 litros		
Consumo ± 5%	l/h	13,7	12,4	11,1
Autonomia	h	7,3	8	9
Bateria		12V - 60Ah - 480CCA		

Especificações do Motor	Unidade	Descrições	
Modelo		D229-3TG	
Fabricante		MWM	
Aplicação		Estacionário	
Rotação	rpm	1800	
Configuração		04 Tempos / 03 Cilindros em Linha	
Diâmetro x Curso	mm	105 x 120	
Tipo de Aspiração / Sistema de Injeção		Turbo / Mecânica Direta	
Capacidade Volumétrica	l	3,1	
Taxa de Compressão		16,9 : 1	
Alternador do Carregamento de Bateria	A	90	
Especificação de Motor de Partida	Vcc - kW	12 - 3,3	
Sistema de Refrigeração		Água + Sistema de Ventilação Soprante	
Cap. Total do Líquido Refrigerante	l	15	
Especificação do Líquido Refrigerante		Havoline Xtended Life Premix 50/50	
Especificação de Óleo Lubrificante		SAE 15W40 / API CI-4 / ACEA E7-08	
Cap.de lts de óleo Lubrificante com filtro	l	7	
Interv. para Subst. do filtro de Óleo lub.	h	250	
Especificação do Tipo de Combustível		S500	
Filtro de Combustível		Pré-Filtro	Principal
Especificação do filtro de combustível		N/A	85% p/ Partículas > 7µm + 95% p/ Água
Interv. para Subst. do filtro de combustível	h	250	
Resistência de Pré Aquecimento		1000W - Aplicável apenas para geradores automáticos	

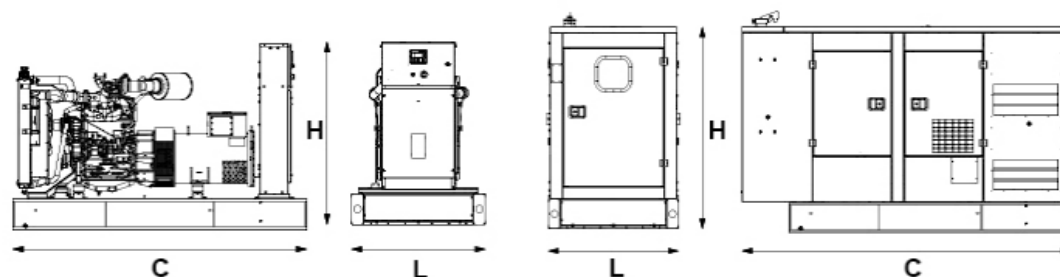
Fonte: MWM

Especificações do Painel de Comando		Unidade	Descrições	
Tipo			Manual	Automático
Singelo Sem Rampa			DEEP SEA	
			DS4520	
Singelo com Rampa			DEEP SEA	
			DS8620	
Paralelo Sem Rampa			DEEP SEA	
			DS8610 + DS331	
Paralelo com Rampa			DEEP SEA	
			DS8610 + DS8660	
Tensão Trifásica	Vca		220 / 127-380 / 220 -440 / 254	
Grau de Proteção			IP-23	
Dimensões (H x L x P)		mm	1200 x 600 x 255	
Proteção			Disjuntor manual termomagnético - tripolar fixo	
Conexão para Paralelismo entre Geradores			Disjuntor Motorizado	
Carregador de Baterias			Não	Sim

Especificações de Montagem		Unidade	Descrições	
Tipo			Aberto	Carenado
Sistema de Escape			Industrial de 3" com Segmento Elástico	Hospitalar de 3" com Segmento Elástico
Largura (L)	mm		1100	949
Comprimento (C)	mm		2350	2287
Altura (H)	mm		1550	1379
Peso Vazio	kg		910	1100
Pintura			Eletrostática a pó em poliéster (base na cor preta e carenagem na cor azul)	
Tipo de Pintura			Texturizada	
Resistência a Salt Spray			Mínimo 500h (sobre chapa fosfatizada)	
Espessura da Pintura			80 µm (microtexturizada)	
Níveis de Ruídos	1,5 m	dB(A)	103	85
	7,0 m	dB(A)	98	ND

ND - Não Disponível

Atualizado: 08/08/2022



Fonte: MWM

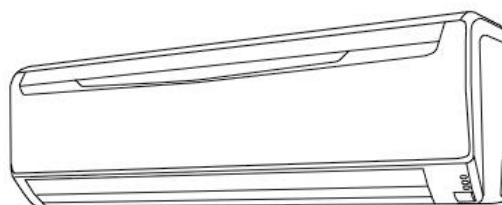
FOLHA DE DADOS																
Alternador Síncrono																
Cliente : Yuri Papandré da Silva					Observações:											
Referência do cliente :																
Linha do produto : GT10180MI25AS					Código do produto : 14711033											
Classificação de área : Segura										1031906944						
Dados gerais Carcaça (IEC) : 180 Classe de isolamento : 180°C (H) Distorção harmônica máxima (sem carga) : ≤ 3% Passo de enrolamento do estator : 2/3 Altitude : até 1000 m Número de terminais : 12 Fator de potência : 0.8 a 1.0 Sistema de excitação : Brushless com shunt Refrigeração : IC01										Grau de proteção : IP23 Forma construtiva : B15T Pólos - Tipo de pólos : 4 Tipo do pólo : Saliente Rotação nominal - 50 Hz : 1500 rpm Rotação nominal - 60 Hz : 1800 rpm Máxima sobrevelocidade : 2250 rpm Massa do alternador : 205 kg Sobrecarga : 1.1x In por 1h a cada 6h Sobrecarga Momentânea : 1.5x In por 30s						
Frequência e número de fases		50 Hz					60 Hz									
		Trifásico			Monofásico		Trifásico			Monofásico						
Tensões (V)	Ligação Y	380	400			-	380	440	480			-				
	Ligação YY	190	200			-	190	220	240			-				
	Ligação Δ	220	230			-	220	254	277			-				
	Ligação ΔΔ	110	115			-	110	127	138			-				
	Lig zig-zag para triâng duplo	-	-	-	-	190 - 240	-	-	-	-	-	200 - 240				
Potências (kVA)	Contínuo 80/40	31.5	31.9			18.4	34.0	40.0	41.1			23.8				
	Contínuo 105/40	36.1	36.6			21.1	37.5	45.0	47.1			27.1				
	Contínuo 125/40	39.4	39.9			23.0	42.5	50.0	51.4			29.7				
	Standby 150/40	43.2	43.7			25.2	46.3	55.0	56.3			32.5				
	Standby 163/27	45.0	45.6			26.3	49.3	58.0	58.7			33.9				
Dados elétricos (FP=0.8 / ΔT=125°C / Ta=40°C) Valores de resistência saturadas	Xd(%) Reat. síncrona de eixo direto	155.47	146.78			146.78	195.17	171.26	154.7			154.7				
	X'd(%) Reat. trans. eixo direto	24.81	23.44			23.44	30.19	26.49	21.14			21.14				
	X''d(%) Reat. subtrans. eixo direto	16.75	15.83			15.83	19.65	17.24	13.76			13.76				
	Xq(%) Reat. síncrona eixo em quad.	67.84	64.05			64.05	85.17	74.73	67.5			67.5				
	X''q(%) Reat. subtrans. eixo em quad.	11.61	10.96			10.96	14.58	12.79	11.56			11.56				
	X2(%) Reat. seq. neg. eixo em quad.	11.46	10.82			10.82	14.39	12.62	11.4			11.4				
	X0 (%) Reatância de sequência zero	4.74	4.47			4.47	5.95	5.22	4.71			4.71				
	T'd(ms) Cte trans. eixo dir. C. Circ.	36.0	36.0			36.0	36.0	36.0	36.0			36.0				
	T''d(ms) Cte. sub. eixo dir. C. Circ.	4.5	4.5			4.5	4.5	4.5	4.5			4.5				
	T'do(ms) Cte. trans. de circ. aberto	471.5	471.5			471.5	471.5	471.5	471.5			471.5				
	T''do(ms) Cte. Subt. de circ. aberto	4.6	4.6			4.6	4.6	4.6	4.6			4.6				
	Ta(ms) Cte. curto circ. da armadura	8.3	8.3			8.3	8.3	8.3	8.3			8.3				
	Uc (V) Tensão de excitação nominal	51.0	54.0			36.0	44.0	49.0	54.0			36.0				
	ic(A) Corrente de excitação nominal	2.1	2.2			1.5	1.8	2.0	2.2			1.5				
	ic(A) Corrente de excitação em vazio	0.6	0.6			0.6	0.5	0.6	0.6			0.6				
Icc(A) Corrente manut. curto-circuito	0.0	0.0			0.0	0.0	0.0	0.0			0.0					
Kcc Relação de curto-circuito	0.64	0.68			0.68	0.51	0.58	0.65			0.65					
Rendimentos (%)	Fator de potência	0.8	1.0	0.8	1.0		0.8	1.0	0.8	1.0		0.8	1.0			
	25% de carga	82.9	83.8	83.1	84		81.7	82.6	83.3	84.2	83.7	84.6	83.9	84.8		
	50% de carga	86	87.1	86.2	87.3		84.8	85.9	86.4	87.5	86.8	87.9	87.1	88.2		
	75% de carga	87.6	88.7	87.8	88.9		86.4	87.5	88	89.1	88.4	89.5	88.7	89.8		
	100% de carga	87.1	88.2	87.3	88.4		85.9	87	87.5	88.6	87.9	89	88.2	89.3		
	125% de carga	85.5	86.6	85.7	86.8		84.3	85.4	85.9	87	86.3	87.4	86.6	87.7		
Demais características Fluxo de ar : 0.14 m³/s Resistência do estator da excitatriz a 20°C : 17.16 ohm Resistência do estator principal a 20°C : 0.169 ohm Resistência do rotor a 20°C : 1.02 ohm Camadas do enrolamento do estator : 2 Inércia WR2 : 0.37 kgm² Rolamento traseiro : 6308-2Z Rolamento LA : Flange : SAE 1 Disco de acoplamento : SAE 11,5					Regulador de tensão Precisão (estabilidade) : +/- 1.5% Corrente nominal : 4 A Entrada analógica : Não Entrada digital : Não Corrente de pico : 7.5 A/10 s Droop / TC : Não Resposta dinâmica : 0 a 20 ms U/F : Sim Ajuste interno de tensão : +/- 10% Ajuste externo de tensão : +/- 5% Tempo de resposta transiente para ΔU=20% : 500 ms					Conforme normas: IEC 60034 NBR 5117 NEMA MG1 VDE530 ISO 8528 CSA						
Rev.	Resumo das modificações					Executado		Verificado		Data						
Executor																
Verificador																
Data	09/02/2023							Página		Revisão						
								1 / 6								

ANEXO D – ESPECIFICAÇÕES AR-CONDICIONADO INVERTER

FUJITSU
INVERTER

OPERATING MANUAL
MANUAL DE FUNCIONAMIENTO
MANUAL DE INSTRUÇÕES

ROOM AIR CONDITIONER
WALL MOUNTED TYPE
HEAT & COOL MODEL
(REVERSE CYCLE)



Indoor Unit
ASBA24LFC
ASBA30LFC



ESPECIFICAÇÕES

MODELO			
UNIDADE INTERIOR		ASBA24LFC	ASBA30LFC
UNIDADE EXTERIOR		AOBR24LFL	AOBR30LFT
TIPO			
AQUECIMENTO E REFRIGERAÇÃO TIPO SPLIT (CICLO INVERSO)			
ALIMENTAÇÃO			
220 V ~ 60 Hz			
REFRIGERAÇÃO			
CAPACIDADE	[kW]	7.03	7.91
	[BTU/h]	24,000	27,000
ENTRADA DE ENERGIA	[kW]	2.16	2.44
CORRENTE (MÁXIMO)	[A]	9.9 (13.5)	11.2 (17.0)
GRAU DE EFICIÊNCIA DE ENERGIA	[kW/kW]	3.26	3.24
CIRCULAÇÃO DE AR	UNIDADE INTERIOR [m³/h]	1,100	1,100
	UNIDADE EXTERIOR [m³/h]	2,470	3,600
AQUECIMENTO			
CAPACIDADE	[kW]	7.91	9.08
	[BTU/h]	27,000	31,000
ENTRADA DE ENERGIA	[kW]	2.31	2.77
CORRENTE (MÁXIMO)	[A]	10.6 (18.5)	12.7 (19.0)
GRAU DE EFICIÊNCIA DE ENERGIA	[kW/kW]	3.42	3.28
CIRCULAÇÃO DE AR	UNIDADE INTERIOR [m³/h]	1,120	1,150
	UNIDADE EXTERIOR [m³/h]	2,570	3,600
PRESSÃO MÁX.	[MPa]	4.12	4.12
REFRIGERANTE (R410A)	[kg]	1.65	2.10
DIMENSÕES E PESO (NET)			
UNIDADE INTERIOR			
ALTURA	[mm]	320	
LARGURA	[mm]	998	
PROFUNDIDADE	[mm]	228	
PESO	[kg]	14	
UNIDADE EXTERIOR			
ALTURA	[mm]	578	830
LARGURA	[mm]	790	900
PROFUNDIDADE	[mm]	315	330
PESO	[kg]	43	61

Fonte: Fujitsu

ANEXO E – ESPECIFICAÇÕES USCA DS4520

3.3 REQUISITOS PARA CERTIFICAÇÃO UL

Torque terminal	• 4.5 lb-in (0.5 Nm)
Condutores	• Conexão de condutores entre 12 AWG – 26 AWG (0.5mm² até 2.0mm²). • Proteção do condutor deve ser providenciada de acordo com a NFPA 70, artigo 240. • Circuitos de baixa tensão (menor que 35 V) devem ser fornecidos pela bateria de partida ou uma fonte isolada secundária. • Os condutores de comunicação, sensores e/ou circuitos derivados da bateria devem ser separados e manter pelo menos ¼" (6 mm) de afastamento dos circuitos do gerador e da rede a menos que os cabos sejam dimensionados para 600 V ou mais.
Entradas de Corrente	• Deve ser conectado através de transformador de corrente certificado UL com secundário máximo de 5A.
Circuitos de Comunicação	• Deve ser conectado a circuitos com equipamentos certificados UL
Saída Pilot Duty	• 0.5 A
Montagem	• Adequado para uso em gabinetes Tipo 1 com temperatura entre -22°F até +158°F (-30°C até +70°C) • Adequado para poluição grau 3 quando tensão de entrada não excede 300 V. Quando usado para monitorar tensão acima de 300 V deve ser instalado um ventilador ou ventilação filtrada para manter o nível de poluição em grau 2.
Temperatura de Operação	• -22°F to +158°F (-30°C to +70°C)
Temperatura de Armazenamento	• -40°F to +176°F (-40°C to +80°C)

3.4 ESPECIFICAÇÃO DOS TERMINAIS

NOTA: Para compra de plugues e conectores adicionais, por favor, veja neste documento a seção intitulada **Manutenção, Peças de Reposição, Reparos e Serviços**.

Tipo de Conexão	Conector em duas partes. • Plugue conector macho junto ao módulo • Plugue conector fêmea acompanha junto da embalagem do módulo – terminal de parafuso com grampo de suspensão e sem mola interna.	 Exemplo mostrando as entradas dos cabos e os terminais de parafusos de um conector de 10 vias
Bitola mínima do cabo	0,5 mm ² (AWG 24)	
Bitola máxima do cabo	2,5 mm ² (AWG 10)	

3.5 ESPECIFICAÇÃO DA TENSÃO DE ALIMENTAÇÃO

Tensão mínima	8 V contínuo
Queda de tensão na partida	Capaz de suportar 0 V por 100 ms, desde que a alimentação tenha sido de, no mínimo, 10 V antes da partida e tenha sido recuperada para 5 V após o evento.
Tensão máxima	35 V contínuo (proteção de 60 V em casos de oscilação de tensão)
Proteção de polaridade invertida	-35V contínuo
Máxima corrente de operação	96mA at 12V 85mA at 24V
Corrente máxima em standby	51mA at 12V 47mA at 24V
Máxima corrente de operação em Sleep Mode	35mA at 12V 32mA at 24V
Máxima corrente de operação em Deep Sleep Mode	Menor que 10µA em 12V Menor que 10µA em 24 V

Fonte: Deep Sea Electronics

3.5.1 ESPECIFICAÇÃO DA MEDIÇÃO DO DISPLAY

Faixa	0 V-70 V DC (Nota: tensão máxima de operação contínua - 35 V DC)
Resolução	0.1V
Precisão	±1% do fundo de escala (±0.7V)

3.6 MEDIÇÃO DE TENSÃO E FREQUÊNCIA

Tipo de medição	True RMS
Taxa de Amostragem	5KHz ou mais
Harmônicas	Até 11 ^a harmônica ou mais
Impedância de entrada	300K Ω ph-N
Tensão Fase - Neutro	15 V (tensão mínima para o sensor de frequência) a 415 V AC (tensão máxima absoluta) Adequada para até 345 V de tensão nominal (±20% para a detecção de sub / sobretensão)
Tensão Fase - Fase	25 V (tensão mínima para o sensor de frequência) a 720 V AC (tensão máxima absoluta) Adequada para até 600 V de tensão nominal (±20% para a detecção de sub / sobretensão)
Tensão de modo comum	100 V AC (máx.)
Resolução	1 V AC Fase para Neutro 2 V AC Fase para Fase
Precisão	±1% do fundo de escala fase-neutro (±3.33V) ±2% do fundo de escala fase-fase (±11.52V)
Frequência Mínima	3,5Hz
Frequência Máxima	75Hz
Resolução da Frequência	0,1Hz
Precisão da Frequência	±0,2Hz

Fonte: Deep Sea Electronics