

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ - UTFPR  
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE ELETROTÉCNICA - DAELT  
CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM ELETROTÉCNICA  
ÊNFASE EM AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL

DANIEL BLASKOWSKI  
ELDER DA SILVA SIQUEIRA

**INTEGRAÇÃO DE TECNOLOGIAS EM SISTEMAS DE ENERGIA  
COM DEMANDAS CRÍTICAS ENFOCANDO A FONTE  
CONCESSIONÁRIA E CONVERSORES DE ENERGIA –ESTUDO  
DE CASO**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

CURITIBA

2014

DANIEL BLASKOWSKI  
ELDER DA SILVA SIQUEIRA

**INTEGRAÇÃO DE TECNOLOGIAS EM SISTEMAS DE ENERGIA  
COM DEMANDAS CRÍTICAS ENFOCANDO A FONTE  
CONCESSIONÁRIA E CONVERSORES DE ENERGIA – ESTUDO  
DE CASO**

Trabalho de Conclusão de Curso de graduação, apresentado à disciplina de Trabalho de Diplomação, do Curso Superior de Tecnologia em Eletrotécnica com ênfase em Automação Industrial do Departamento Acadêmico de Eletrotécnica – DAELT - da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, como requisito parcial para obtenção do título de Tecnólogo.

Orientador: Prof. José da Silva Maia – M. Eng.

CURITIBA

2014

## **TERMO DE APROVAÇÃO**

DANIEL BLASKOWSKI  
ELDER DA SILVA SIQUEIRA

### **INTEGRAÇÃO DE TECNOLOGIAS EM SISTEMAS DE ENERGIA COM DEMANDAS CRÍTICAS ENFOCANDO A FONTE CONCESSIONÁRIA E CONVERSORES DE ENERGIA – ESTUDO DE CASO**

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

Curitiba, 30 de julho de 2014.

---

Prof. José da Silva Maia M. Sc.  
Coordenador de Curso  
UTFPR

---

Prof. Rafael Fontes Souto M. Sc.  
Coordenador de Projeto Final de Graduação  
UTFPR

#### **BANCA EXAMINADORA**

---

José da Silva Maia, M. Sc.  
UTFPR  
Orientador

---

Prof<sup>a</sup> Rosana Mayer, M. Sc.  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

---

Prof<sup>a</sup> Elisabete Nakoneczny Moraes, Dr<sup>a</sup>.  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

---

Prof. Jair Urbanetz Junior, Dr.  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

À Simei e Genilda pelos exemplos de vida que foram e sempre serão, incentivando minha educação formal.

À Roberto e Maria Inês pelos exemplos de vida que foram e sempre serão, incentivando minha educação formal.

## **AGRADECIMENTOS**

Este espaço não permitirá que sejam relatados os agradecimentos para todas as pessoas merecedoras, portanto desde já gostaríamos de agradecer a todos que participaram direta ou indiretamente nesta importante fase de nossas vidas.

Reverenciamos o Professor José da Silva Maia pela cobrança assídua, orientação e dedicação neste trabalho, e por meio dele estendemos os agradecimentos a toda comunidade da UTFPR.

Agradecemos aos Senhores Luiz Renato Serafin e Maurício Grendel Guimarães pelos ensinamentos e demonstrações prestados no decorrer do trabalho, fato que possibilitou o aprofundamento do conhecimento nas áreas envolvidas para a realização do mesmo.

Aos nossos colegas de turma, pois no decorrer de todos estes anos pudemos aprender muito com a maioria deles.

Aos nossos amigos que participaram indiretamente, na maioria das vezes, desta longa caminhada desde o início do curso até a sua conclusão.

Agradecemos aos pesquisadores, desenvolvedores e profissionais dos sistemas integrados de tecnologias em sistemas de energias com demandas críticas pois devido às pesquisas destes pudemos realizar o presente trabalho. Gostaríamos de registrar nossos agradecimentos aos nossos pais pelo apoio dado no decorrer dos anos letivos de nosso curso, bem como a viabilização de nossa educação formal durante todo o tempo de nossas vidas até aqui, pois sem dúvida eles foram nosso maior apoio para a realização deste sonho. Agradecemos ao casal (especialmente Robertson de Nascimento e Simone de Sá Siqueira) e demais familiares que participaram direta ou indiretamente e, de certa forma, possibilitaram ou apoiaram à conclusão deste curso.

Por fim, a todos aqueles que passaram por nossas vidas no decorrer destes anos e também àqueles que chegaram e ficaram nos apoiando até a conclusão deste curso e trabalho.

The remarkable influence of electricity in economic and social life of a population and the particular demands of comfort is so obvious that any waiver arguments to enhance its growing importance. (DAWES, 1976).

A notável influência da eletricidade na vida econômico-social de uma população e nas exigências particulares de conforto é tão evidente que dispensa quaisquer argumentos para acentuar sua crescente importância. (DAWES, 1976).

BLASKOWSKI, Daniel; SIQUEIRA, Elder. Integração de Tecnologias em Sistemas de Energia com Demandas Críticas Enfocando a Fonte Concessionária e Conversores de Energia. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Tecnologia em Eletrotécnica com Ênfase em Automação Industrial).

- Programa de Graduação em Tecnologia, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba 2014.

## RESUMO

Este trabalho trata-se de um projeto de integração de tecnologias em sistemas de energia com demandas críticas enfocando a rede concessionária e conversores de energia, no qual, através da integração de diversas tecnologias em um sistema, visa-se o aumento da confiabilidade da energia elétrica em cargas críticas. Pode se tornar base para outros estudos relacionados a sistemas direcionados a ininterrupção de energia elétrica, bem como para entender os princípios de funcionamento de cada elemento utilizado no sistema (Grupo Gerador, Unidade de Supervisão de Corrente Alternada, Unidade Retificadora, *No-breaks*, Baterias e Chaves de Transferências), voltados às concessionárias e conversores de energia. Acredita-se que os alunos possam pôr em prática seus conhecimentos adquiridos nas matérias de Automação e Controle Discreto, Manutenção Eletrônica, Eletrônica e Manutenção Elétrica, descobrindo novos conhecimentos importantes para a sua área técnica. Através de um estudo de caso, destaca-se a importância dos procedimentos de operação e manutenção para o funcionamento de um sistema de energia crítico. Por fim, apresenta a sugestão de implantação de melhoria em um modelo de integração de tecnologia em sistemas de energia em demandas críticas.

**Palavras chave:** Integração de tecnologias em sistemas de energia. Demandas Críticas. Ininterrupção de energia. Conversores de energia. Rede concessionária.

*BLASKOWSKI, Daniel; SIQUEIRA, Elder. Integration of Technologies in Energy Systems With Critical Demands Focusing on the Dealer Network and Power Converters. Completion of course work (undergraduate in Electrotechnical Technology with Emphasis in Industrial Automation).*

*- Graduate Program in Technology, Federal Technological University of Paraná, Curitiba 2013.*

## **ABSTRACT**

*This work is in an integration project of technologies in energy systems with critical demands focusing on the dealership network and power converters, in which, through the integration of various technologies into a system, aims to increase the reliability of electricity at critical loads. The project can become the basis for other studies related to systems targeted to uninterrupted electricity as well as to understand the principles of operation of each element used in the system (Group Generator / Supervision Unit Current Alternating, Rectifier Unit, UPS's, batteries and switches Transfers ). It is believed that students can put into practice their acquired knowledge in the field of Discrete Automation and Control, Maintenance, Electronics, Electronics and Electrical Maintenance, discovering new knowledge relevant to their technical area. Through a case study, we highlight the importance of operating procedures for the operation and maintenance of a critical power system. Finally, it presents the suggestion of implementing of improvement in a model of technology integration into power systems in critical.*

**Keywords:** *Integrating technologys in power systems. Reviews demands. Uninterrupted power. Energy converters. Dealer network.*



## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 01 – Indicadores de Continuidade COPEL 2004 – 2013 .....	23
FIGURA 02 – Esquema cargas não críticas .....	25
FIGURA 03 – <i>No-break</i> alimentando um computador .....	25
FIGURA 04 – <i>No-break</i> com chave <i>by-pass</i> .....	26
FIGURA 05 – <i>No-break</i> com estabilizador e chave <i>by-pass</i> .....	26
FIGURA 06 – Cargas alimentadas por UPS de dupla conversão com <i>by-pass</i> .....	26
FIGURA 07 – Cargas alimentadas por UPS com <i>by-pass</i> em <i>Hot Stand-by</i> .....	27
FIGURA 08 – Sistema paralelo redundante ativo distribuído .....	28
FIGURA 09 – Sistema paralelo redundante ativo centralizado.....	28
FIGURA 10 – Sistema GRUGER .....	31
FIGURA 11 – Modelo de Diagrama de uma Unidade Retificadora .....	38
FIGURA 12 – Diagrama dos circuitos de entrada .....	39
FIGURA 13 – Modelo de Ponte Retificadora. ....	40
FIGURA 14 – Diagrama de blocos módulo de regulação e controle.....	42
FIGURA 15 – Topologia <i>no-break</i> ferrosnante.....	46
FIGURA 16 – Diagrama <i>no-break</i> bidirecional .....	46
FIGURA 17 – Topologia <i>no-break</i> dupla conversão. ....	47
FIGURA 18 – Componentes básicos de uma bateria .....	51
FIGURA 19 – Diagrama de instalação de um grupo gerador.....	54
FIGURA 20 – Chave automática com intertravamento mecânico .....	55
FIGURA 21 – SCR e chave comutadora construída com SCR .....	56
FIGURA 22 – Sistema básico.....	79
FIGURA 23 – Sistema com cargas críticas e com parada .....	80
FIGURA 24 – Diagrama de interligação sistema atual .....	83
FIGURA 25 – Diagrama de interligação dividido em sistemas (S) .....	85
FIGURA 26 – Diagrama de interligação simplificado A.....	85
FIGURA 27 – Diagrama de interligação simplificado B.....	86
FIGURA 28 – Diagrama de interligação simplificado C.....	86
FIGURA 29 – Infra Estrutura Km 3 implementação de um transformador .....	87
FIGURA 30 – Diagrama de interligação 2 transformadores.....	88
FIGURA 31 – Diagrama de interligação 2 transformadores simplificado A .....	88
FIGURA 32 – Diagrama de interligação 2 transformadores simplificado B .....	89
FIGURA 33 – Diagrama de interligação 2 transformadores simplificado C .....	89

## LISTA DE SIGLAS

ATS	<i>Automatic Transfer Switch</i>
Ah	Ampere-hora
CA	Corrente Alternada
CC	Corrente contínua
CCC	Conta de Consumo de Combustível
CV	Cavalo Vapor
DEC	Duração equivalente de interrupção por unidade consumidora`
DHTI	<i>Differential Tissue Harmonic Imaging</i>
DIC	Duração de interrupção individual por unidade consumidora
DICRI	Duração da interrupção individual ocorrida em dia crítico por unidade consumidora ou ponto de conexão
DMIC	Duração máxima de interrupção contínua por unidade consumidora ou ponto de conexão
EIA	Estudo de impacto ambiental
FEC	Frequência equivalente de interrupção por unidade consumidora
F.E.M.	Força eletromotriz
FIC	Frequência de interrupção individual por unidade consumidora
FP	Fator de potência
GRUGER	Grupo gerador
I	Corrente elétrica
IGBT	Transistor Bipolar de Porta Isolada
kVA	Quilo volt ampere
kW	Quilowatt
LED	Diodo emissor de luz
MSPWM	Modulação por largura de pulso senoidal modificada

MTBF	<i>Mean Time Between Failures</i>
MTTR	<i>Mean Time To Repair</i>
NRB	Norma Regulamentadora Brasileira
OIS	Operador Independente do Sistema
POP	Procedimento Operacional Padrão
PRODIST	Procedimentos de Distribuição
PWM	Modulação por largura de pulso único
QEE	Qualidade de Energia Elétrica
QTA	Quadro de Transferência Automático
R	Resistor
RAT	Regulador automático de tensão
RIMA	Relatório de impacto ambiental
RLC	Resistor, indutor e capacitor
r.p.m.	Rotações por minuto
SCR	Retificador Controlado de Silício
SPWM	Modulação por largura de pulso senoidal
TP	Transformador de potência
TR	Transistor
UPS	<i>Uninterruptible Power Supply</i>
UPWM	Modulação por largura de pulsos uniforme
UR	Unidade Retificadora
USCA	Unidade de supervisão de corrente alternada
USCC	Unidade de supervisão de corrente contínua
UTI	Unidades de Terapia Intensiva
V	Volt

## LISTA DE SÍMBOLOS E ACRÔNIMOS

$\lambda$	Taxa de Falhas
e	Exponencial
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
COPEL	Companhia Paranaense de Energia
CRC	Conselho Regional de Contabilidade
MAE	Mercado Atacadista de Eletricidade
SIN	Sistema Interligado Nacional
UTFPR	Universidade Tecnológica Federal do Paraná
WEG	Eletromotores WEG S.A.

# SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO .....	16
1.1	TEMA .....	17
1.1.1	Delimitação do Tema.....	17
1.2	PROBLEMAS E PREMISSAS .....	17
1.2.1	Problemas .....	17
1.2.2	Premissas.....	18
1.3	OBJETIVOS .....	18
1.3.1	Objetivo Geral .....	18
1.3.2	Objetivos Específicos .....	18
1.4	JUSTIFICATIVA .....	19
1.5	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....	20
1.5.1	Metodologia Científica .....	20
1.6	ESTRUTURA DO TRABALHO .....	21
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	22
2.1	REDE CONCESSIONÁRIA .....	22
2.1.1	A Criação da Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL.....	22
2.2	TOPOLOGIAS QUE AUMENTAM A CONFIABILIDADE DOS SISTEMAS	24
2.3	CARACTERÍSTICAS DOS EQUIPAMENTOS .....	28
2.3.1	Grupo Gerador e Unidade de Supervisão em CA - GRUGER/ USCA.....	30
2.3.1.1	Motor Diesel .....	31
2.3.1.2	Alternador Trifásico .....	32
2.3.1.3	Unidade de Supervisão em CA – USCA .....	34
2.3.2	Unidade Retificadora – UR.....	36
2.3.2.1	Conceitos Básicos .....	36
2.3.2.2	Princípio de Funcionamento.....	37
2.3.3	<i>No-Break's</i> .....	43
2.3.3.1	Classificação <i>No-break's</i> .....	44
2.3.3.2	<i>Short-break</i> .....	44
2.3.3.4	<i>No-break</i> Bidirecional .....	46
2.3.3.5	<i>No-break</i> Dupla Conversão .....	47
2.3.3.6	<i>No-break</i> Tripla Conversão.....	48
2.3.3.7	Principais Partes dos <i>No-Breaks</i> .....	48
2.3.4	Acumuladores Elétricos.....	49

2.3.4.1	Conceitos Básicos .....	49
2.3.4.2	Classificação (Primárias e Secundárias) .....	52
2.3.5	Chaves de Transferências.....	54
2.3.5.1	Chave Manual .....	54
2.3.5.3	Chaves Dedicadas .....	55
2.3.5.4	Chaves Estáticas.....	56
2.3.6	Transformadores .....	57
2.3.6.1	Conceitos e Princípios de Funcionamento .....	57
2.4	OPERAÇÃO DO SISTEMA .....	58
2.4.1.1	Operação de Controle .....	59
2.4.1.2	Operação de Equipamentos.....	59
2.4.1.3	Ações de Emergência .....	60
2.4.2	Atividades Indiretas de Operação.....	60
2.5	MANUTENÇÃO .....	61
2.5.1	Manutenção Corretiva .....	61
2.5.2	Manutenção Preventiva.....	62
2.5.3	Manutenção Preditiva.....	63
2.6	CONFIABILIDADE DO SISTEMA.....	63
3	ESTUDO DE CASO .....	67
3.1	O SISTEMA CRÍTICO ESTUDADO .....	67
3.1.1	Sistema de Entrada Comercial.....	67
3.1.2	Descrição do Sistema Crítico Estudado .....	68
3.1.3	Recursos da manutenção.....	68
3.1.4	Manutenções.....	68
3.2	GERAÇÃO DE ENERGIA.....	69
3.2.1	Descrição do Sistema de Geração de Energia.....	69
3.2.2	Manutenções do Gerador.....	69
3.3	SISTEMA NO-BREAK .....	74
3.3.1	Descrição do Sistema de <i>No-Break</i> .....	74
3.3.2	Manutenções do <i>No-Break</i> .....	74
3.4	ACUMULADORES .....	75
3.4.1	Descrição do Sistema de Acumuladores.....	75
3.4.2	Manutenções em Acumuladores .....	75
3.5	SISTEMA DE TRANSFERÊNCIA.....	79
3.5.1	Descrição do Sistema.....	79

3.6	SIMULAÇÃO .....	79
3.7	DISPONIBILIDADE LIGADA A MANUTENÇÃO.....	81
3.8	DISPONIBILIDADE DO SISTEMA ESTUDADO.....	81
3.8.1	Cálculo de Disponibilidade do Sistema Atual .....	82
3.8.2	Cálculo de Disponibilidade do Sistema Proposto .....	87
3.8.3	Análise da Confiabilidade do Sistema .....	90
4	CONCLUSÃO.....	92
	REFERÊNCIAS.....	96
	ANEXOS .....	100
	ANEXO A – Infraestrutura proposta Km 3.....	101
	ANEXO B – Planilha de Manutenção Preventiva 1 .....	102
	ANEXO C – Planilha de Manutenção Preventiva 2 .....	105
	ANEXO D – Infraestrutura Proposta Padre Agostinho .....	107
	ANEXO E – Diagrama Unifilar QGBT_QD UPS Cabine.....	108
	ANEXO F – Banco de Baterias COPEL Pd. Agostinho .....	109
	ANEXO G – Banco de Baterias COPEL Mossunguê .....	110
	ANEXO H – GRUGER COPEL Pd. Agostinho .....	111

## 1 INTRODUÇÃO

A evolução tecnológica e a globalização contribuem cada vez mais para a melhoria dos serviços e produtos disponibilizados para a sobrevivência e entretenimento dos seres. Nas últimas décadas, o desenvolvimento tecnológico tornou-se possível devido à fonte de energia provinda da eletricidade.

A energia elétrica tem sido fator preponderante no desenvolvimento e progresso tecnológico, de nossa era, principalmente porque o seu transporte e utilização são mais práticos e econômicos (BARRADAS, 1980 p. 4).

Na atualidade, a importância dada a esta fonte é muito grande. O homem, ao notar isto, passou a desenvolver e promover estudos relacionados ao tema, e com o passar dos anos verificou um amplo desenvolvimento da área, porém ainda longe do ideal. Criaram-se concessionárias de geração, transmissão e distribuição de energia elétrica, empresas que buscam dia após dia aproximar-se da eliminação da ininterrupção de energia.

Nota-se que existem dificuldades nas empresas relacionadas ao fornecimento por conta da presença de fatores causadores chamados de “não controláveis” nas redes de distribuição de energia elétrica. As causas de interrupções no fornecimento de energia elétrica momentâneas ou duradouras motivadas por fatores não controláveis podem ser: árvores proibidas de serem podadas, descargas atmosféricas, pássaros, atos de vandalismo e abalroamento de postes causados por acidentes, entre outras.

Devido às concessionárias não conseguirem alcançar o total controle no fornecimento de energia, com o passar dos anos foram desenvolvidos equipamentos com a ideia de reduzir o impacto causado pelas interrupções de energia em sistemas críticos. Grupos geradores – GRUGER's, *no-breaks*, conversores CA – CC, unidade de supervisão de corrente alternada - USCA, bancos de baterias e retificadores, são alguns desses equipamentos desenvolvidos que são essenciais em sistemas críticos. A instalação e integração deles permitem a redução das perdas causadas pelas faltas indesejadas e inesperadas de energia.

Em alguns ambientes, a necessidade de redução do número de interrupções de energia é mais presente, pois estas mesmo sendo momentâneas, podem gerar um grande colapso, como nos controles de tráfegos aéreos, centros cirúrgicos, sistemas de segurança, sinalizações de torres e telefonia.



## 1.1 TEMA

Integração de tecnologias para sistemas de energia com demandas críticas.

### 1.1.1 Delimitação do Tema

Este trabalho consiste em demonstrar um sistema de integração de tecnologias em sistemas de energia com demandas críticas, mediante o foco na rede concessionária e os diversos conversores de energia, através da exposição do estudo detalhado de conversores. Posteriormente, detalhar a realização de um estudo de caso analisando as tecnologias estudadas.

Conforme Kardec e Nascif (2007), na fase de instalação devem-se prever cuidados com a qualidade de implantação do projeto, e nas fases de operação e manutenção, melhorar o funcionamento do sistema.

O trabalho será realizado mediante simulações pelo *software Automation Studio*, acompanhamentos de inspeções e manutenções, ensaios feitos na Companhia Paranaense de Energia - COPEL, e pesquisas relacionadas ao assunto na biblioteca da Universidade Tecnológica Federal do Paraná - UTFPR - *campus* Curitiba.

Calculando a confiabilidade do sistema atual da empresa COPEL, será realizado um comparativo entre a confiabilidade atual e a que poderá ser adquirida se implementadas as sugestões dos estudos realizados, além da relação custo/benefício de implantação da proposta.

## 1.2 PROBLEMAS E PREMISSAS

### 1.2.1 Problemas

Devido ao sistema de rede de distribuição permitir interrupções de energia elétrica de forma a jamais atingir 100% de confiabilidade, uma interrupção momentânea pode ser prejudicial à vida, trazer prejuízos econômicos ou comprometer o sistema. Isto torna os consumidores desta energia, sujeitos a

sofrerem pela falta do fornecimento da rede elétrica. Esta dependência é um fato negativo, mesmo com todo o desenvolvimento tecnológico que encontra-se nos dias de hoje.

Considera-se importante na formação do Tecnólogo em Eletrotécnica com ênfase em Automação Industrial, o conhecimento das formas de aumentar a confiabilidade da rede de alimentação de cargas críticas. A partir disto:

**Como adotar procedimentos confiáveis na operação e manutenção de sistemas críticos de energia com foco no aumento da confiabilidade do sistema?**

### 1.2.2 Premissas

Acredita-se que através do estudo dos equipamentos disponíveis na COPEL, entre eles: retificadores, GRUGER's, USCA e *no-break*, é possível determinar os modos confiáveis de operação e manutenção dos equipamentos para o sistema funcionar de uma maneira eficiente de forma a aumentar a confiabilidade do sistema.

## 1.3 OBJETIVOS

### 1.3.1 Objetivo Geral

Apresentar topologias de sistemas de cargas críticas de energia, descrevendo os módulos constituintes de cada equipamento, demonstrando um estudo de caso no qual se detalha os procedimentos de operação e manutenção para cada equipamento do sistema e o respectivo aumento de confiabilidade.

### 1.3.2 Objetivos Específicos

- Apresentar topologias de sistemas críticos de energia;
- Descrever o funcionamento dos principais equipamentos de um sistema crítico de energia;
- Explicitar os módulos que compõe cada equipamento;

- Descrever procedimentos de operação dos equipamentos;
- Apresentar a metodologia das manutenções dos equipamentos para cargas críticas;
- Realizar um estudo de caso de um sistema crítico de energia, acompanhando e identificando os principais pontos na operação e manutenção;
- Simular a interligação do sistema com demandas críticas;
- Calcular a confiabilidade dos componentes e do sistema atual da COPEL Km 3;
- Sugerir a implementação de melhoria na confiabilidade no sistema atual da COPEL do Km 3;
- Determinar a relação custo benefício da implementação sugerida.

#### 1.4 JUSTIFICATIVA

Existem diversos setores em que a energia elétrica é fundamental, principalmente em processos em que as cargas são críticas, na qual a interrupção do sistema pode gerar falhas e colocar em risco a prestação de serviços fundamentais para as pessoas.

A alimentação elétrica de sistemas críticos, tais como controladores, iluminação de emergência, proteções e instrumentação, deve operar adequadamente mesmo numa eventual falha do sistema elétrico normal, a fim de evitar situações que agravem as paradas de emergência de plantas industriais, comerciais e outras que necessitem de alimentação elétrica para sistemas críticos (WOTECOSKI, 2007, p.1).

Existe uma carência de materiais teóricos que tratem da interligação, operação e manutenção de equipamentos para cargas críticas. Com isto, os resultados dos ensaios e pesquisas realizadas na integração do sistema proposto, poderão ser utilizados para minimizar os impactos decorridos das interrupções de energia que ocorrem no sistema elétrico brasileiro, e por alunos para enriquecimento profissional, ensaios práticos e referência para estudos.

## 1.5 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

### 1.5.1 Metodologia Científica

Pesquisa Científica aplicada, explicativa, de campo, bibliográfica, qualitativa, participante e não participante, documental e indireta.

“O presente trabalho é uma pesquisa científica aplicada, pois é determinado por interesse prático, isto é, os resultados serão aplicados ou utilizados, imediatamente na solução de problemas que ocorrem na realidade”. (MARCONI, 1990, p.19).

Essa pesquisa, além de científica aplicada, é também explicativa, pois segundo Gil (1991 apud SILVA; MENEZES, 2001, p.21), visa identificar os fatores que determinam ou contribuem para a ocorrência dos fenômenos, aprofunda o conhecimento para a ocorrência da realidade porque explica a razão do “por que” das coisas.

A pesquisa presente classifica-se como pesquisa de campo, que “é utilizada com o objetivo de conseguir informações e/ou conhecimentos à cerca de um problema para o qual procura uma resposta, ou de uma hipótese que se queira comprovar” (MARCONI, 2002, p.83).

A pesquisa se classifica como “bibliográfica, ou de fontes secundárias, porque a primeira vem de referências já publicadas em relação ao tema de estudo, desde publicações avulsas, boletins, jornais, revistas, livros, pesquisas, monografias, teses, material cartográfico, etc., até meios de comunicação orais: rádio, gravações em fita magnéticas e audiovisuais: filmes e televisão. Sua finalidade é colocar o pesquisador em contato direto com tudo o que foi escrito, dito ou filmado sobre determinado assunto” (MARCONI, 2002, p.31).

A pesquisa classifica-se, ainda, como “qualitativa, na qual considera-se que há uma relação dinâmica entre o mundo real e o sujeito, isto é, um vínculo indissociável entre o mundo objetivo e a subjetividade de sujeito que não pode ser traduzido em números” (MENEZES, 2001, p.20).

Esta técnica caracteriza-se pelo tipo de observação, participante e não-participante. Participante porque um dos integrantes (Elder) tem contato direto com a comunidade, pois trabalha na empresa relacionada e não-participante porque outro

integrante não participa da comunidade da empresa (Daniel), mas sim, toma contato com ela, fazendo-se presente em visitas à empresa.

E por último, ela se caracteriza por “serem feitas investigações de documentos, a fim de se poder descrever e comparar usos e costumes, tendências, diferenças e outras características. Estuda a realidade presente, e não o passado, como ocorre com a pesquisa histórica” (CERVO, 2002, p.67).

## 1.6 ESTRUTURA DO TRABALHO

- Capítulo 1 – Dispõe os elementos pré-textuais do estudo de caso realizado, detalhando o título, tema, objetivos, justificativas e procedimentos metodológicos.
- Capítulo 2 – Trata da fundamentação teórica do trabalho e explicita os conceitos básicos sobre a fonte do ponto de vista da concessionária, dos conversores de energia, abordando os princípios de funcionamento e alguns procedimentos de operação e manutenção das tecnologias envolvidas na interligação do sistema.
- Capítulo 3 – Estudo de caso apresentando uma configuração instalada e analisada com propostas de melhorias operacionais e de confiabilidade operacionais, e para ilustrar, apresentação de simulações e interligação do sistema: Planta estudada, rede concessionária, GRUGER / USCA, retificador, *no-break*, bateria, operação e Manutenção.
- Capítulo 4 – Conclusões relacionadas ao estudo do sistema de ininterrupção de energia com base nas simulações feitas no *software Automation Studio* e comparação entre os cálculos de confiabilidades dos circuitos atual e proposto.

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Com a ideia de fundamentar os estudos relacionados a um sistema de energia com demanda crítica, este capítulo iniciará com os estudos relacionados à concessionária de energia e sua rede. Em seguida serão determinadas topologias que visam aumentar a confiabilidade do sistema, descrevendo alguns exemplos. Por fim serão descritos estudos referentes aos equipamentos que são utilizados em sistemas de energia crítica, detalhando suas características. Na essência ressaltam-se os conversores de energia e a própria rede concessionária.

Cargas elétricas de missão crítica são todos aqueles equipamentos cuja interrupção de funcionamento possa resultar em prejuízos para os usuários e/ou beneficiários dos serviços aos quais se destinam. Cargas de missão crítica necessitam de energia segura e de boa qualidade (PEREIRA, 2010, p.1).

### 2.1 REDE CONCESSIONÁRIA

Devido a sua riqueza fluvial, o sistema de produção e transmissão de energia elétrica no Brasil é um sistema hidrotérmico, com forte predominância de usinas hidrelétricas e o sistema elétrico nacional é composto por um Sistema Interligado Nacional - SIN (ATLAS ANEEL, 2005 p.06).

#### 2.1.1 A Criação da Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL

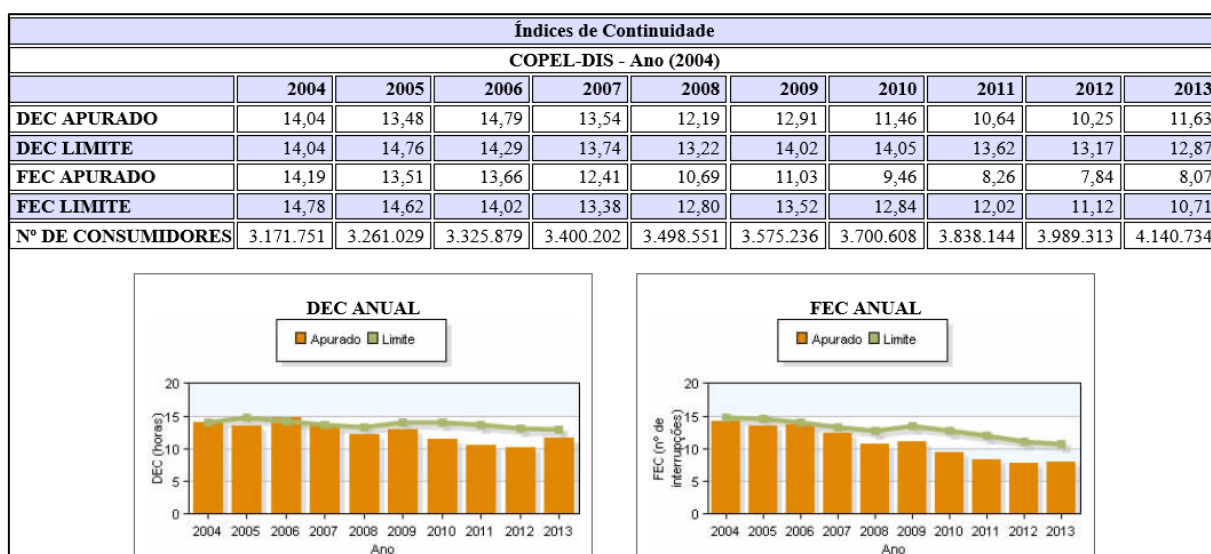
Segundo Ferreira (2000, p.204), no final de 1996, a Lei 9.427 criou a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) cujas principais tarefas são: a elaboração de parâmetros técnicos, solicitação de licitações, garantia de operação do MAE, estabelecimento de critérios para custos de transmissão, fixação e implementação de revisões de tarifas no varejo.

No estado do Paraná, a maior empresa responsável pela distribuição de energia é a Companhia Paranaense de Energia – COPEL, criada em 26 de outubro de 1954, a qual deve garantir confiabilidade e baixo custo a seus clientes.

Para a monitoração do índice de qualidade de energia, a ANEEL estabelece indicadores que controlam a frequência e tempo de duração das interrupções, sendo os principais índices a serem observados:

- Duração equivalente de interrupção por unidade consumidora - DEC: Intervalo de tempo que, em média, no período de apuração, em cada unidade consumidora do conjunto considerado ocorreu descontinuidade da distribuição de energia elétrica (PRODIST, 2008, P.34).
- Frequência equivalente de interrupção por unidade consumidora - FEC: Número de interrupções ocorridas, em média, no período de apuração, em cada unidade consumidora do conjunto considerado (PRODIST, 2008, P.34).

As interrupções são registradas a partir de um tempo superior a 3 minutos e existem limites definidos pela ANEEL. Caso as interrupções da empresa ultrapassem os índices, a mesma está sujeita a sanções que podem ser em forma de multas.



**FIGURA 01 – Indicadores de Continuidade COPEL 2004 – 2013**

**FONTE: SITE ANEEL.**

Analisando os dados da figura 1 pode-se observar que no ano de 2012 os índices DEC e FEC foram os mais baixos nos últimos 10 anos na maior empresa de rede de distribuição do Paraná, a COPEL. É importante perceber que a queda deste índice pode ser influenciada por diversos motivos, seja por investimentos diretos da

empresa em redes e linhas de transmissão, seja por fenômenos e condições climáticas, por mudanças pela ANEEL na forma de considerar e dividir as metas, ou até mesmo por melhor monitoramento e ações dos colaboradores.

Por ter grande importância, os índices DEC referente à duração das interrupções e o FEC referente à frequência, acabam sendo os mais controlados, mesmo que atualmente existam os índices DIC (Duração de interrupção individual por unidade consumidora), FIC (Frequência de interrupção individual por unidade consumidora), DMIC (Duração máxima de interrupção contínua por unidade consumidora ou ponto de conexão) e DICRI (Duração da interrupção individual ocorrida em dia crítico por unidade consumidora ou ponto de conexão), que basicamente são considerados como o DEC e FEC porém o “I” significa a apuração individuais dos índices.

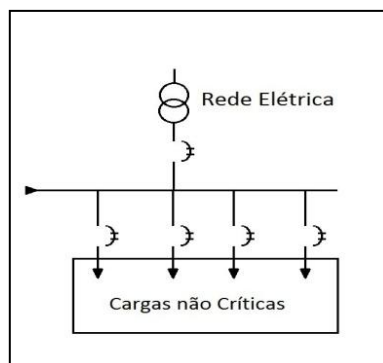
Devido ao sistema de fornecimento de energia não poder suprir com total confiabilidade os seus fornecedores, empresas que necessitam uma alta confiabilidade em seus sistemas investem em tecnologias que venham a reduzir a deficiência no fornecimento de energia.

## 2.2 TOPOLOGIAS QUE AUMENTAM A CONFIABILIDADE DOS SISTEMAS

Existem diversas configurações possíveis para a alimentação de cargas críticas e não críticas, através da integração de tecnologias (Unidade de Supervisão de Corrente Alternada, Unidade Retificadora, *No-breaks*, Baterias e Chaves de Transferências). Serão exemplificados alguns casos a seguir, detalhando o funcionamento de cada sistema.

O esquema da figura 02 é um dos mais comuns e simples que será encontrado equivalente a uma ligação de uma residência que alimenta cargas não críticas que podem ficar por um determinado tempo sem alimentação. O sistema possui uma fonte de energia, a rede comercial, onde comercial pode ser definido como: ADJ, Que é relativo ao comércio, objeto que é feito para ser vendido em larga escala, favorecendo a um vasto público.

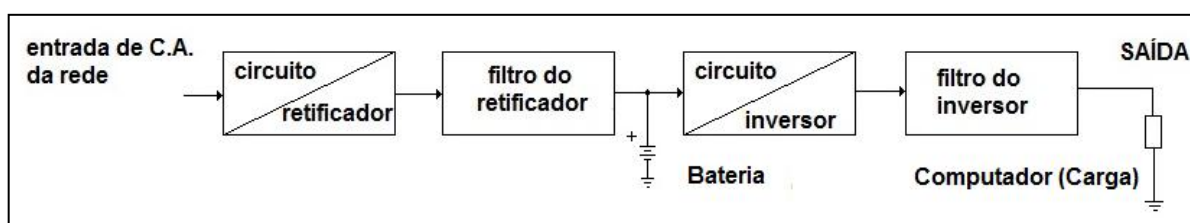




**FIGURA 02 – Esquema cargas não críticas**

**Fonte: AUTORIA PRÓPRIA**

Existem diversos tipos de sistemas que aumentam a confiabilidade do fornecimento de energia elétrica e que são aplicados em sistemas em que as cargas são críticas. São facilmente encontrados em qualquer estabelecimento e utilizados com grande frequência. Um dos exemplos mais simples que se pode encontrar em várias residências é o *no-break* de baixa potência conforme mostra a figura 03, que é utilizado para alimentar computadores caso ocorra um corte no fornecimento de energia pela rede concessionária, evitando que o computador não seja imediatamente desligado, evitando a perda do trabalho que estava em desenvolvimento. Além de assegurar o fornecimento de energia caso haja interrupção na rede convencional o *no-break* também protege o equipamento contra sub/sobre-tensões e surtos de tensões entre fase e neutro.



**FIGURA 03 – No-break alimentando um computador**

**FONTE: ADAPTADO DE FIGUEIRA (2006, p. 1).**

Aplica-se no circuito do *no-break* a chave *by-pass* conforme a figura 04 para poder utilizar a alimentação direta da rede elétrica caso ocorra alguma falha do circuito ou necessite realizar manutenção no mesmo. Também utiliza-se uma chave *de by-pass* com estabilizador conforme a figura 05 para ter uma tensão estabilizada na carga.

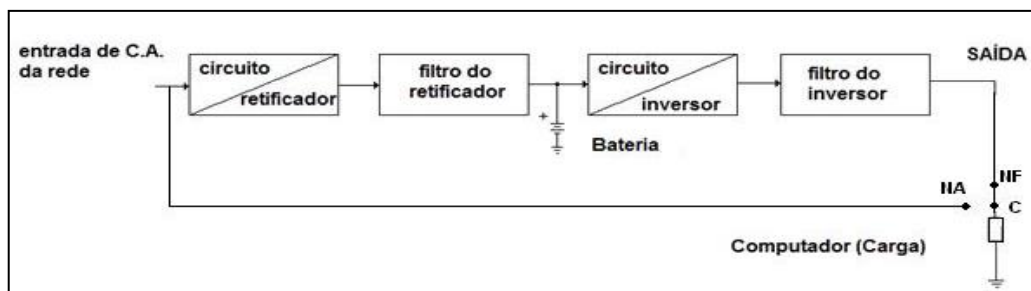


FIGURA 04 – *No-break* com chave *by-pass*

FONTE: ADAPTADO DE FIGUEIRA (2006, p. 1).

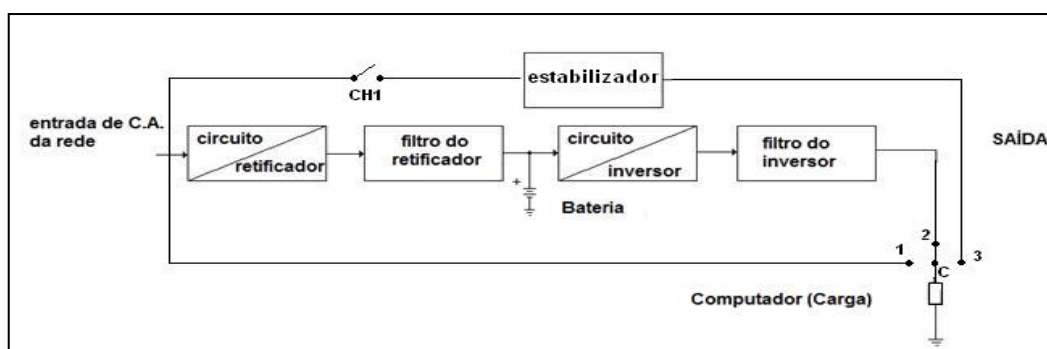


FIGURA 05 – *No-break* com estabilizador e chave *by-pass*

FONTE: ADAPTADO DE FIGUEIRA (2006, p. 1).

A maioria dos sistemas de alimentação de cargas críticas são mais complexos e utilizam mais equipamentos devido ao tipo de carga e a sua funcionalidade.



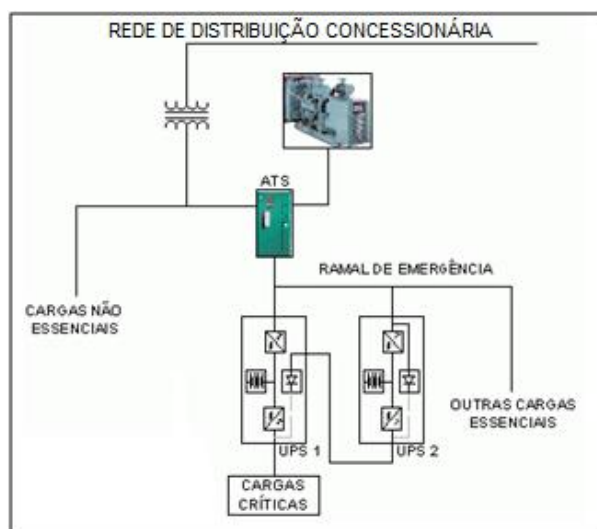
FIGURA 06 – Cargas alimentadas por UPS de dupla conversão com *by-pass*

FONTE: PEREIRA (2010).

Um exemplo é o sistema da Figura 06, que gerencia a rede e a UPS (*no-break*). As cargas críticas são continuamente alimentadas pela UPS e caso haja uma interrupção do fornecimento da rede convencional, a fonte de energia de emergência (Grupo Gerador) entra em funcionamento, alimentando outras cargas essenciais com parada e a UPS.

Segundo Pereira (2009, p.112), a maioria das aplicações utiliza o grupo gerador como fonte de emergência para atender apenas cargas essenciais.

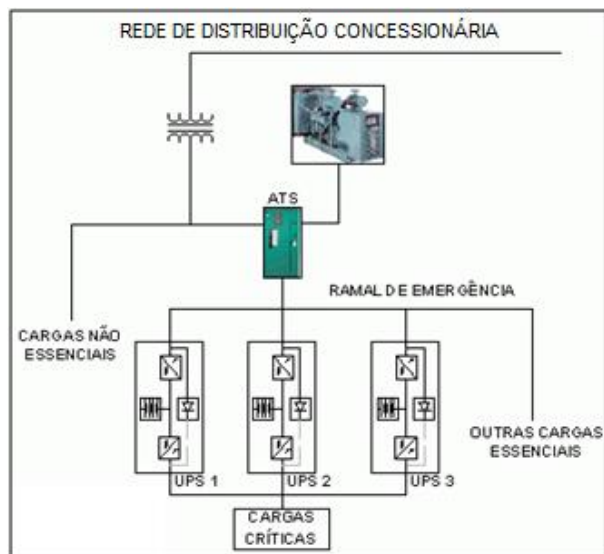
Existe outra topologia que tem o objetivo de melhorar a confiabilidade no fornecimento de energia, associando UPS como é o caso da figura 07. Neste sistema, chamado de *Hot stand-by*, uma UPS alimenta o *by-pass* da outra, assim havendo uma falha na UPS principal, a outra já está pronta para ser utilizada. É um sistema pouco utilizado devido a manter um equipamento sempre em *stand-by* e outro em plena carga.



**FIGURA 07 – Cargas alimentadas por UPS com *by-pass* em *Hot Stand-by***

**FONTE: PEREIRA (2010).**

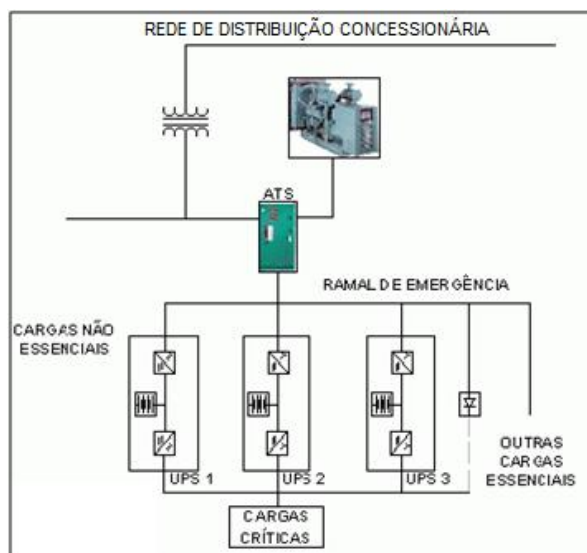
O sistema também pode ser do tipo paralelo redundante ativo distribuído conforme a figura 08, no qual a potência da carga é distribuída entre as UPS's que possuem uma chave de *by-pass* cada uma, e havendo uma falha em uma UPS, a outra vai atender a demanda do circuito. A vantagem deste sistema em relação ao sistema *hot stand-by* é que haverá o desgaste por igual dos equipamentos.



**FIGURA 08 – Sistema paralelo redundante ativo distribuído**

**FONTE: PEREIRA (2010).**

Pode haver a configuração do mesmo sistema da figura 08, só que com um único *by-pass*, chamado de sistema paralelo redundante ativo centralizado conforme mostra a figura 09.



**FIGURA 09 – Sistema paralelo redundante ativo centralizado**

**FONTE: PEREIRA (2010).**

## 2.3 CARACTERÍSTICAS DOS EQUIPAMENTOS

Pode ocorrer de a interrupção de um sistema colocar em risco à vida das pessoas em Unidades de Terapia Intensiva (UTI) de hospitais, ou podem gerar caos com a falta de sinalização em avenidas movimentadas.

Com a evolução da tecnologia e, principalmente, da indústria eletroeletrônica, os equipamentos eletrônicos estão presentes em todos ou quase todos os setores da sociedade. Em setores essenciais à sociedade, tais como: telecomunicações, informática, saúde, transporte, financeiro, indústria e energia, há necessidade de que alguns equipamentos operem de modo adequado e ininterrupto, a fim de evitar falhas nos mesmos e possíveis danos aos consumidores (GONÇAVES, 2008, P.4).

Esses sistemas críticos necessitam de confiabilidade no funcionamento de seus equipamentos para não acarretar problemas à sociedade. Para aumentar a confiabilidade no fornecimento de energia em equipamentos críticos existem sistemas que monitoram, regulam e podem até suprir o fornecimento de energia por um determinado tempo. É possível configurar diversos equipamentos mediante a interligação entre estes, no qual a decisão de implantação leva em consideração o tipo de carga, a importância do sistema a ser suprido e a relação de custo e benefício que o mesmo acarretará.

O crescente estudo de QEE (Qualidade de Energia Elétrica) gerou novos questionamentos e preocupações, aos engenheiros, sendo que estas não mais se restringem apenas à falta de energia ou alimentação dos equipamentos essenciais (carga sensível ou críticas). (GONÇAVES, 2008, P.6).

A seguir serão detalhados alguns equipamentos utilizados para aumentar a confiabilidade de um sistema com as suas principais características:

- GRUGER/USCA: Grupos geradores são basicamente formados por um Diesel motor responsável por gerar energia mecânica, e um alternador responsável por transformar a energia mecânica em elétrica. Além disto, é necessário um equipamento responsável pela monitoração e supervisão da energia gerada pelo motor-alternador, a USCA (Unidade de supervisão de corrente alternada), que é também responsável por controlar a tensão, corrente e frequência da energia CA gerada pelo motor-gerador. A unidade de supervisão de corrente alternada monitora também dados do Diesel motor, como pressão de óleo, temperatura e rotação. Os Grupos Geradores não podem ser classificados como UPS's (sistema ininterruptos de energia), pois se ocorrer uma falha no fornecimento de energia, os mesmos

levam alguns segundos para entrar em funcionamento, podendo acarretar danos ao sistema, diferente dos UPS's que não permitem a interrupção.

- Retificadores: são empregados quando um equipamento necessita de uma tensão contínua na qual ele é responsável por converter a tensão de uma fonte CA para uma tensão CC. Há diversos retificadores sendo e estes se distinguem na sua construção e aplicação.

- *No-break*: é um sistema ininterrupto de energia ou UPS (*Uninterruptible Power Supply*), que além de estabilizar a tensão fornecida, tem como função principal suprir a falta de energia por um tempo estipulado pela autonomia de sua bateria. Há diversos tipos de topologias.

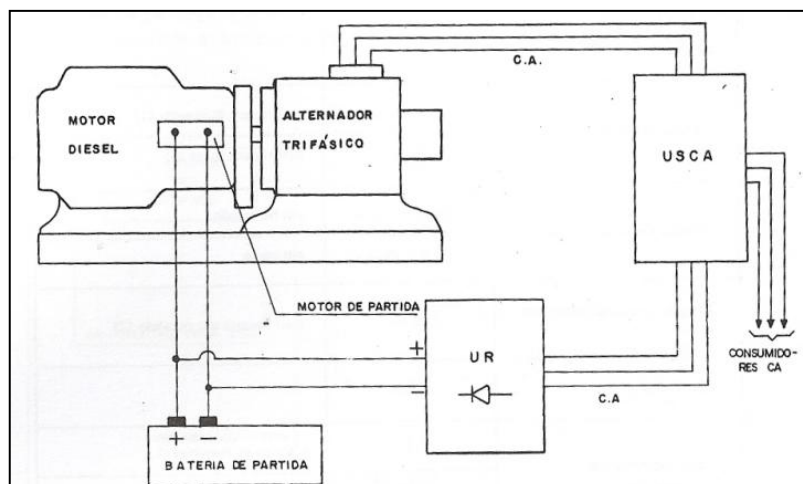
- Baterias: associação de acumuladores elétricos, que transforma energia química em energia elétrica. As capacidades energéticas das baterias são dadas em ampere-hora (Ah).

- Chaves de Transferências: são dispositivos responsáveis pela transferência de carga de uma fonte principal para uma fonte secundária de energia. Em circuitos que têm um grupo gerador como fonte de energia de emergência é necessária à aplicação de chaves reversoras para transferir a carga do sistema principal para o GRUGER.

Os equipamentos descritos possuem diversas características e topologias que devem ser estudadas para poder ser aplicadas corretamente em um sistema.

### 2.3.1 Grupo Gerador e Unidade de Supervisão em CA - GRUGER/ USCA

A função básica de um Grupo Gerador (GRUGER) é fornecer uma fonte de CA para um sistema, seja como fonte principal, ou secundária de energia. Como se pode observar na figura 10, o sistema é formado por um motor diesel acoplado a um alternador que é responsável pela conversão de energia CC para CA. O motor de partida é responsável pela rotação inicial do motor diesel mediante uma bateria que alimenta o motor de partida com tensão CC.



**FIGURA 10 – Sistema GRUGER**  
**FONTE: BARRADAS (1980, p. 455).**

Existe um equipamento responsável pela supervisão desta energia gerada pelo motor alternador, é a Unidade de Supervisão de Corrente Alternada ou abreviadamente chamado de USCA, que controla a tensão e a frequência da energia entregue pelo sistema dentro de limites desejáveis, além de supervisionar itens como pressão do óleo lubrificante e temperatura de rotação do motor diesel.

A USCA gerenciará o acionamento automático para grupos geradores, com as funções de supervisão das fases da rede comercial e do grupo gerador, além do procedimento de partida, parada e transferência de carga do grupo (DIAS et al. p.01).

### 2.3.1.1 Motor Diesel

A conceituação básica de motor, conforme Barradas (1980), é um dispositivo capaz de transformar qualquer tipo de energia, em energia mecânica diretamente utilizável. Entre as principais formas de aproveitamento estão às energias elétrica, hidráulica e térmica.

Segundo Pereira (2010, p. 1), Os motores a Diesel são máquinas térmicas alternativas, de combustão interna, destinadas ao suprimento de energia mecânica ou força motriz de acionamento.

Para um bom desempenho, o motor diesel necessita de dispositivos auxiliares (sensores) controlando o seu funcionamento através da USCA, nos quais eles têm as seguintes funções:

- Termostato: controle de temperatura do bloco do motor e da água de refrigeração;
- Pressostato: controle de pressão do óleo lubrificante e da partida do motor;
- Resistor: pré-aquecimento da água de refrigeração do motor e do óleo lubrificante;
- Relé taquimétrico: controle de partida do motor;
- Micro interruptor: controle da ruptura da correia do ventilador de arrefecimento, utiliza um contato normalmente fechado que quando não acionado (caso de uma anormalidade), manda sinal para o módulo de supervisão.

A grande vantagem dos motores a diesel é que a taxa de compressão é superior se comparada aos motores a gasolina, e conseqüentemente desenvolvem maior potência de combustão, além de terem uma mecânica simplificada e resultar em economia nos gastos de combustíveis.

Existem vários tipos de motores diesel com características para diversos sistemas.

“Todos funcionam segundo a mesma lei da termodinâmica, porém as alterações do projeto que se efetuam sobre os sistemas e seus componentes resultam em características de operação que os tornam adequados para aplicações diferentes” (PEREIRA. 2009, p.02).

### 2.3.1.2 Alternador Trifásico

São máquinas que convertem energia mecânica em energia elétrica.

Os alternadores são máquinas girantes síncronas destinadas a converter energia mecânica em elétrica, fornecendo corrente alternada sob tensão e frequência fixas, e para isto devem ser acionados através de uma potência mecânica aplicada ao eixo motor (BARRADAS, 1980, p.259).

A potência mecânica é transferida do motor diesel através de um acoplamento elástico entre o motor e o alternador, dimensionado a suportar os esforços de partida, torque máximo e parada, sem acarretar esforços axiais no motor ou no alternador.

Os alternadores são classificados pelo processo de excitação, que podem ser:



- Alternador com escovas: utiliza um dínamo fornecedor de corrente contínua como excitatriz através de suas escovas, que fazem contato com os anéis do coletor.

- Alternador sem escovas: utiliza um pequeno gerador de corrente alternada, no qual a sua tensão é retificada através de diodos semicondutores.

O alternador sem escovas ou *brushless*, como também é conhecido, apresenta vantagens devido à eliminação de ruídos elétricos provocados pelo faiscamento do contato das escovas. Além disto, sua manutenção é mais simples, pois não é necessária a substituição de peças sujeitas a desgastes como as escovas e anéis.

- Partes Principais do Alternador

As principais partes do alternador são o rotor, o estator, a excitatriz e o regulador.

O rotor tem a função básica de produzir o fluxo magnético utilizado para induzir a tensão no estator. Como trata-se de uma peça móvel na máquina, o mesmo sofre um rigoroso balanceamento para evitar vibrações excessivas no eixo do alternador.

O estator é constituído de três bobinas nas quais as tensões de saída são induzidas pelo fluxo magnético CC do rotor. Em cada bobina existem dois terminais elétricos que são conectados a uma régua de terminais elétricos, a fim de facilitar a instalação e as manutenções do sistema nos casos de verificações de isolamento, resistências, reatâncias, alimentações e modificações das conexões.

O excitador é um dispositivo auxiliar indispensável às funções do alternador, responsável pela corrente contínua que alimenta o campo de excitação. Variando-se a corrente de excitação desse campo conforme a carga aplicada ao alternador, é possível manter constante a tensão de saída. Este comando pode ser feito eletronicamente pelo regulador automático de tensão (RAT). Desta forma é possível formar o campo da máquina, gerando os fluxos magnéticos que formam os pólos da máquina.

Podem-se ter dois tipos de retificações: a primeira seria a retificação de meia onda que é usada em máquinas de pequeno porte (até 10kVA), na qual o rotor da excitatriz apresenta seus enrolamentos em ligações estrela com neutro, e a

segunda, seria a retificação trifásica em onda completa, onde as máquinas de grande porte (acima de 25kVA) possuem os enrolamentos da excitatriz com ligação em estrela sem neutro. Nas duas configurações existe um diodo supressor de transitórios em paralelo com a bobina de campo para proteger o conjunto retificador.

O RAT anteriormente citado controla a potência fornecida pela excitatriz ao campo do alternador através da variação de corrente da excitatriz (estator), em função da variação de tensão de saída do alternador. Ele monitora a tensão CA de cada fase na saída do alternador comparando com um valor de referência e em seguida transformando em um sinal de correção para a excitatriz. Normalmente empregam-se SCR's no controle da tensão para o campo da excitatriz.

### 2.3.1.3 Unidade de Supervisão em CA – USCA

É responsável pelas transferências entre as fontes CA no caso de uma eventual falha, onde podem se dividir conforme o tipo de fonte CA utilizada em USCA de grupo ou USCA de rede (BARRADAS, 1980 p. 291).

Os eventos supervisionados e controlados são de acordo com o tipo de USCA. No caso da USCA grupo, onde as fontes CA são formadas exclusivamente por grupos geradores, os seguintes eventos são supervisionados e controlados:

- Falha na partida do motor;
- Pressão anormal do óleo lubrificante do motor;
- Ruptura da correia do ventilador de arrefecimento do motor;
- Tensão e frequência anormais do alternador;
- Sobrecarga nos consumidores;
- Nível anormal de combustível no tanque diário;
- Grupo em funcionamento;
- Barramento de saída alimentado;
- Manutenção.

No caso da USCA rede, onde a principal fonte de CA é a rede comercial tendo grupos geradores como fonte reserva, os eventos supervisionados e controlados são:

- Tensão e frequência da rede;
- Sobrecarga nos consumidores.

Para supervisionar e controlar esses eventos, segundo Barradas (1980, p.296), a USCA necessita de módulos de controle para processar as informações internas e externas, onde serão abordadas as principais características de cada módulo, sendo eles:

- Módulo de supervisão: é formado por circuitos sensores específicos, supervisionando a fonte CA e enviando informações do alternador, do motor e do consumidor, ao módulo de controle. Para as informações do alternador são empregados os seguintes sensores:
  - Sensor de tensão CA: é responsável pela supervisão da tensão CA fornecida ao consumidor e deve produzir um sinal lógico caso o valor esteja fora das faixas especificadas. É dividido em sensor de tensão alta e sensor de tensão baixa.
  - Sensor de frequência: supervisiona a frequência de saída da fonte CA, e caso saia dos limites especificados, emite um sinal de saída. Pode ser um dispositivo eletromecânico ou eletroeletrônico.
  - Sensor de correia: indica anormalidades com a correia do ventilador do motor através de um microinterruptor elétrico.
  - Sensor de sobrecarga: indica ao módulo de supervisão anormalidades do barramento dos consumidores de CA (consumo excessivo ou curto circuitos). Normalmente é um relé termomagnético.
- Módulo de controle: processa os dados recebidos dos módulos de supervisão, telecomando e comando, para definir as informações que irão acionar os módulos de comando, de sinalização e de controle da outra USCA.
- Módulo de comando: recebe os sinais do módulo de controle, e atua nos circuitos de comutação afim de manter o barramento de alimentação CA proveniente da fonte determinada pelo controle.

- Módulo de comutação de alimentação: controla a distribuição de potência controlada pela USCA. É feita a partir deste módulo, normalmente através de contadores eletromecânicos que são controlados pelo módulo de comando.
- Módulo de medição: responsável pela monitoração da potência controlada pela USCA através de amperímetros, voltímetros e transformadores de correntes.
- Módulo de sinalização: responsável pela indicação visual e sonora das condições de suprimento de energia.
- Módulo telecomando: incorporado à USCA quando existe controle remoto do processo.

### 2.3.2 Unidade Retificadora – UR

#### 2.3.2.1 Conceitos Básicos

A Unidade Retificadora é um elemento essencial no que diz respeito à integração de circuitos relacionados ao aumento de confiabilidade de sistemas, pois ela permite o fornecimento e o suprimento de tensão de forma contínua com certa durabilidade. Ela nada mais é do que uma fonte de tensão contínua, que em uma fonte CC permite estabilizar a tensão e limitar a corrente do circuito, utilizando tecnologia para transformar uma corrente alternada em contínua.

Segundo Barradas, (1980, p.454), para a utilização das UR's normalmente colocam-se ligadas em paralelo mediante a associação destas a uma Unidade de Supervisão de CC, popularmente chamada de USCC. Este sistema é interligado e alimentado em corrente alternada por um quadro distribuidor. Desta forma a UR tem, como algumas de suas finalidades, manter e equilibrar os níveis de tensão e corrente, e alimentar as baterias que são utilizadas para suprir o sistema quando ocorre alguma falta de energia elétrica. No caso de utilizar algumas UR's para suprimento dos consumidores e também um banco de baterias, em fonte CC, subdivide-se a corrente total entre as UR's em funcionamento, e mantém-se a tensão em somente uma UR denominada piloto, ao passo que as outras UR's funcionam como fonte de corrente denominadas auxiliares.

Como características importantes, leva-se em consideração a tensão e a corrente de saída. Na prática, para melhor ajustá-las, os retificadores possuem várias formas de funcionamento, sendo elas: Flutuação, Carga Normal e Carga Especial.

Silva; Barradas, (1980, p.454) afirmam que no módulo do funcionamento, do retificador em flutuação, a corrente consumida pela bateria acaba compensando as perdas dos elementos por autodescarga mantendo a carga dos acumuladores em nível extremo. Já no módulo de carga normal, mediante a inoperação da fonte CC do retificador, a bateria destina-se a completar a corrente dos acumuladores de forma a mantê-lo em plena carga, e no módulo de carga especial a bateria fornece corrente aos consumidores de forma prolongada e acaba por sofrer perda total de sua capacidade nominal.

Pode-se qualificar os retificadores devido a sua natureza quando voltados para equipamentos ou para bateria de partida. No segundo caso ele é utilizado, segundo Barradas, (1980, p.454), como um “acessório das fontes de CA que empregam grupos geradores formados com motores diesel com partida a motor elétrico”, e no sistema de fonte de CA a UR é utilizado “para manter a bateria de partida em flutuação, em condições normais de funcionamento do sistema, e carregá-la após a partida do grupo”.

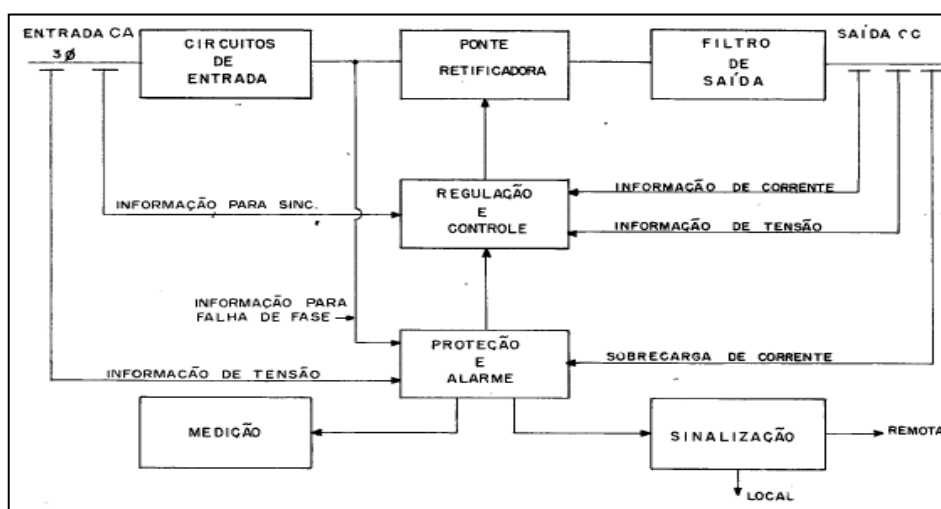
É importante observar que o número de retificadores instalados é levado em consideração na necessidade da alimentação, e que para aumento da confiabilidade do sistema o número utilizado é no mínimo o dobro do necessário.

### 2.3.2.2 Princípio de Funcionamento

A Unidade Retificadora possibilita essencialmente a conversão de corrente alternada em corrente contínua. Para determinados tipos de sistemas, com o intuito de promover a estabilidade da tensão e corrente de saída, deve-se controlar, mediante uma ponte retificadora, o ângulo de condução dos SCR's.

Para melhor entender este sistema, será utilizado como base um estudo feito por Barradas, (1980, p.459), de um circuito exemplificativo detalhando alguns módulos que se pode encontrar dentro de uma unidade retificadora.

Na figura 11, adota-se um diagrama pertinente ao estudo da funcionalidade de uma unidade retificadora no qual encontram-se alguns módulos ou fases. Cada módulo possui uma particularidade, um princípio de funcionamento e vários componentes os quais serão destacados os mais importantes. Desta forma serão detalhados os seguintes módulos ou estágios: Módulo de Circuitos de Entrada, Módulo de Ponte Retificadora, Módulo do Filtro de Saída, Módulo de Regulação e Controle, Módulo de Proteção e Alarme, Módulo de Sinalização e Módulo de Medição (BARRADAS, 1980, p.459).



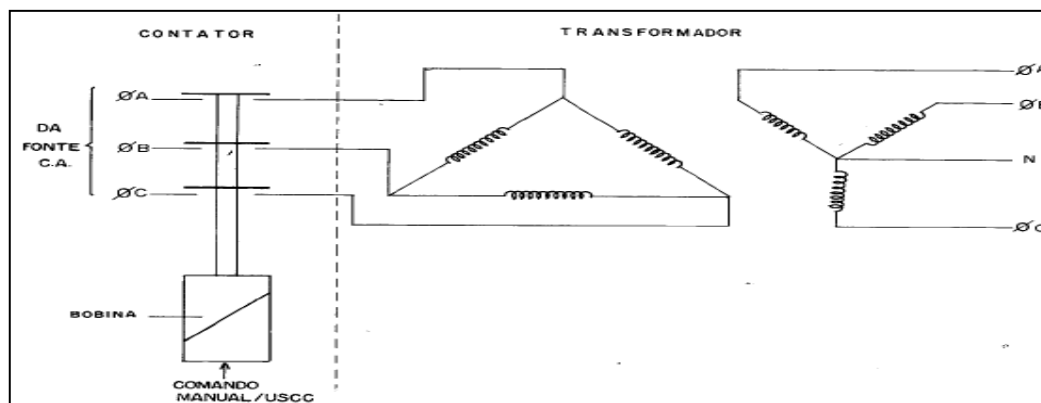
**FIGURA 11 – Modelo de Diagrama de uma Unidade Retificadora**

**FONTE: BARRADAS (1980, p.459).**

- Módulo de Circuitos de Entrada

O “Módulo de Circuitos de Entrada” consiste em receber a energia em CA vinda de um grupo gerador – GRUGER – e transformá-la em tensão de saída em CC utilizando um transformador abaixador.

Nesta etapa encontra-se o transformador abaixador de enrolamentos, triângulo no primário e estrela no secundário, conforme destacado na figura 12 (BARRADAS, 1980, p.461).



**FIGURA 12 – Diagrama dos circuitos de entrada**

**FONTE: BARRADAS (1980, p.461).**

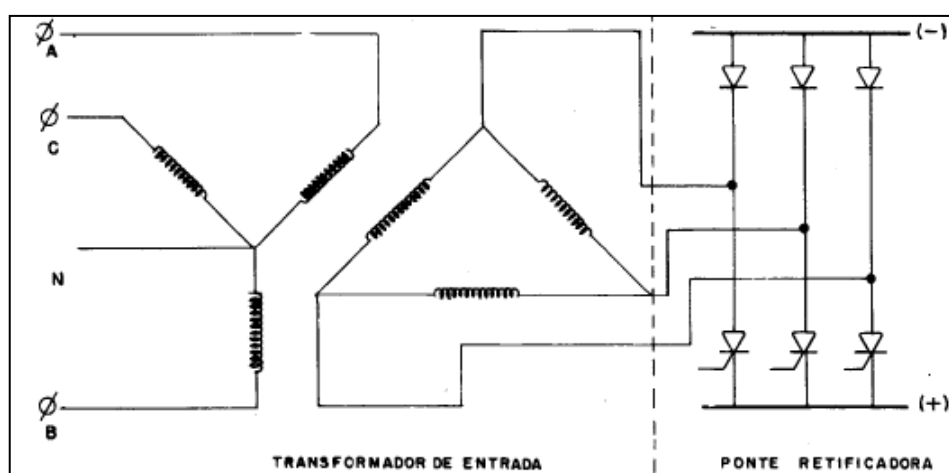
Esta configuração se dá devido a favorecer a utilização de uma ponte retificadora onda completa. Por fim tem também um contator de entrada trifásico de bobina CA ou CC. Este contator tem como função proteger o circuito retificador, desligando sempre que necessário e interrompendo a alimentação do primário do transformador, mediante a ocorrência de curtos-circuitos ocasionados por sobrecarga na saída, sobre-tensão de alimentação ou falta de fases.

Segundo Barradas, (1980, p.461), “Entende-se por contator o dispositivo eletromecânico capaz de conduzir e interromper correntes em condições normais de funcionamento do circuito, e em sobrecargas previstas”. Este equipamento é usado apenas para conduzir a energia elétrica que passa mediante seus contatos em tempos em que não existem anomalias no sistema, pois a partir do momento em que ele detecta qualquer anomalia neste sistema, seus contatos abrem de forma a interromper a condução desta energia.

O acionamento deste contator pode ser feito de forma manual ou automática, sendo que de forma manual é feito pelo acionamento de um botão e quando automático ele se dá mediante um sinal de comando enviado por uma USCC. Eles podem ser classificados como contadores de corrente contínua e contadores de corrente alternada, podendo ser classificados ainda como contatos principais, que é quando são dimensionados para operação em carga, e contatos auxiliares, quando normalmente são utilizados em funções de intertravamento elétrico, sinalização ou comando (BARRADAS,1980, p.463).

- Módulo da Ponte Retificadora

A ponte retificadora é um elemento necessário para a conversão de CA em CC. O secundário do transformador de entrada é constituído por CA e este aplica sua tensão a um circuito retificador trifásico de onda completa, de forma a promover esta transformação de CA em CC. Este circuito retificador é formado por SCR's e tem por finalidade, permitir a condução levando em consideração o ângulo de disparo dos SCR's pelo estágio de regulação e controle, conforme pode ser visto na figura 13.



**FIGURA 13 – Modelo de Ponte Retificadora.**

**FONTE: BARRADAS (1980, p.463).**

Juntamente com os SCR's formando a ponte retificadora, temos também os diodos semicondutores devido ao menor custo se comparado ao primeiro elemento. Neste circuito os SCR's são organizados formando um dos lados da ponte, com o intuito de promover a regulação da saída da tensão e corrente. O outro lado é formado pelos diodos retificadores. Esta formação permite a redução dos custos relacionados à ponte visto que os diodos acabam por ter custos menos elevados. Desta forma considera-se este alojamento entre SCR's e diodos retificadores o mais eficiente do ponto de vista econômico.

“Esta formação para a retificação é considerada a melhor técnica de projeto com relação à eficiência e economia. É eficiente porque permite o controle direto e preciso da tensão de saída pela variação do ângulo de condução dos SCR's. É econômica porque utiliza diodos retificadores em igual quantidade e com as características de tensão de pico inverso e corrente de condução dos SCR's, mantendo as características desejadas para a retificação. Como o diodo é de custo inferior ao SCR, tendo ambos as



mesmas características elétricas, a disposição apresentada para os elementos retificadores é a mais vantajosa” (BARRADAS, 1980, p. 464).

Deve-se saber que para escolher o enrolamento secundário do transformador deve ser feito um cálculo, pois existe um número ótimo para cada caso. Desta forma tem-se uma tabela utilizada para cada um deles, com o retificador sem carga para diferentes tipos de secundários. Ao utilizar as relações de tensão de saída e de fase, verifica-se que ao aumentar o número de fases, aumenta também a utilização de tensão do transformador.

“A utilização de corrente (relação entre a corrente de condução e corrente eficaz do elemento retificador) diminui, porque o valor da corrente eficaz aumenta com o número de fases ( $p$ ). Como as duas relações (utilização de tensão e utilização de corrente) tendem a divergir, deve haver um valor de  $p$  que determine a máxima relação entre a potência de CC de saída do retificador e a potência de CA de entrada do transformador”. (BARRADAS, 1980, p. 464).

- Módulo do Filtro de Saída

O módulo filtro de saída serve para eliminar as tensões de ondulação, conhecidas como *ripple*, que acontecem devido a tensões em CA superpostas a tensões em CC.

“A tensão de CC da saída da ponte retificadora, para ser utilizada pelos equipamentos consumidores, deve ter o mínimo possível de componentes de CA. O estágio de filtro de saída é o dispositivo responsável pela eliminação da ondulação da tensão de saída do retificador” (BARRADAS, 1980, p. 466).

Normalmente devem-se utilizar os filtros tipo RLC para estas finalidades em retificadores.

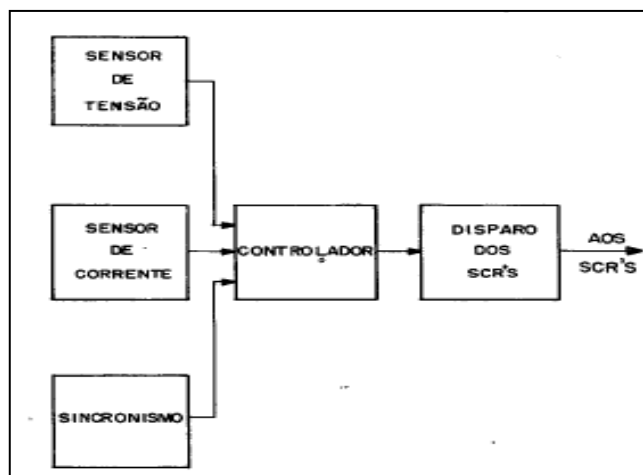
- Módulo de Regulação e Controle

O módulo de regulação e controle é responsável por regular, controlar e comandar o disparo dos SCR's das pontes retificadoras, buscando controlar a tensão e corrente de saída e também a tensão de entrada da unidade retificadora.

Utilizando as tensões, correntes, e também todos os pressupostos apontados pelo módulo de alarme e proteção que visa proteger todo o sistema mediante

senhalizadores e alarmes, o acionamento do SCR é determinado. A proposta é receber sinais de tensão CA de entrada e corrente, e tensão CC de saída, para promover tais disparos.

Na figura 14 pode-se visualizar um diagrama simplificado de blocos do módulo de regulação e controle.



**FIGURA 14 – Diagrama de blocos módulo de regulação e controle**

**FONTE: BARRADAS (1980, p.467).**

- Módulo de Proteção e Alarme

Como o próprio nome diz, o módulo é de proteção e alarme. Neste caso, toda anomalia encontrada no sistema provocará atuação de um dispositivo de proteção correspondente e também um dispositivo alarmante. O intuito será corrigir o sistema e acusar o ocorrido para que o erro ou ocorrência possa ser identificado. Alguns dispositivos utilizados para sinalização e proteção são bastante conhecidos em processos industriais ou qualquer equipamento que necessite da presença dos mesmos. Os conhecidos fusíveis são excessivamente utilizados para a proteção destes circuitos. Com a função de “abrir” o circuito quando ocorre algo adverso, os fusíveis protegem os equipamentos. Após uma anomalia ocorrida, o filamento rompe de forma a não permitir a continuidade do funcionamento do sistema, evitando qualquer dano maior ao equipamento. Nas unidades retificadoras pode-se considerar três dispositivos de proteção: contadores, circuitos eletrônicos e fusíveis (BARRADAS,1980, p.475).

- Módulo de Sinalização

O módulo de sinalização serve para transformar e transmitir os sinais de formas visuais e sonoras. Um dos dispositivos mais utilizados para a forma visual são as lâmpadas. Estas por sua vez são padronizadas de forma a terem fácil identificação e sinalização, e são colocadas em um quadro, painel de supervisão ou no próprio equipamento. Também poderão ser de várias cores, porém as mais utilizadas para estes equipamentos são as brancas, vermelhas e verdes, sendo que a primeira indica funcionamento por qualquer uma das três formas (piloto, auxiliar ou manual), a verde indica funcionamento automático por supervisão via USCC e a vermelha indica que esta ocorrendo alguma falha ou defeito no sistema por qualquer motivo (BARRADAS,1980, p.484).

- Módulo de Medição

Os sinais recebidos pelo módulo de medição provêm do envio dos sinais do módulo de proteção e alarme. No módulo de medição, instrumentos como o amperímetro e o voltímetro tornam-se essenciais. Estes aparelhos são responsáveis por verificar os valores de tensões e correntes de saída da unidade retificadora. Como é de conhecimento, estes aparelhos podem ser apresentados de forma analógicas ou digitais, e neste caso específico utiliza-se suas versões analógicas (BARRADAS,1980, p.486).

No caso do amperímetro CC, utilizado para medir a corrente de saída da unidade retificadora, deve-se lembrar de que este necessitará ter escala compatível ao valor da corrente nominal, de forma que se tenha uma escala pouco maior que os valores atingidos em condições normais. O voltímetro por sua vez é utilizado para medir a tensão de saída.

### 2.3.3 *No-Break's*

O *no-break* é um equipamento utilizado em sistemas de ininterruptão de energia com a ideia de manter o sistema operacional, e tem como função principal o

suprimento de energia por um determinado tempo diante das interrupções de um sistema.

#### 2.3.3.1 Classificação *No-break's*

Os *no-break's* possuem diversas configurações possíveis, não só em relação aos valores da tensão de entrada e saída, mas também quanto ao número de fases, faixa de potência, autonomia, além da topologia utilizada.

Os *no-break's* são classificados conforme o modo como o inversor alimenta a carga. Serão detalhados alguns sistemas mais relevantes para a aplicação em sistema de cargas críticas

#### 2.3.3.2 *Short-break*

Conforme Figueira (2005, p.51), o *short-break* pode ser traduzido para o português como “curta interrupção”, e está associado ao modo de operação do equipamento. Esse sistema sempre opera seu inversor no modo de espera, ou seja, o equipamento está no modo *off line*. A família *off line* possui duas classificações: *Stand-By* e *Line interactive*.

No modo *Stand-By*, a carga é alimentada pela energia da rede comercial. O desbloqueio do inversor ocorre quando há uma interrupção no fornecimento de energia da rede, ou quando a tensão atingir valores críticos ao funcionamento da carga. O monitoramento da rede é feito por sensores de rede mínima e rede máxima. A energia gerada pelo inversor é estabilizada e isenta de ruídos e oscilações. Às vezes a energia comercial não retorna imediatamente e nesses casos o banco de bateria deve ter capacidade suficiente pra manter o inversor até que a energia comercial retorne.

Conforme Figueira (2009, p.19), o sistema *short-break* normalmente utiliza um relé para fazer a comutação entre a fonte principal da secundária. Em estado normal a carga é alimentada pela rede, e havendo uma falha, o acionamento do relé é comandado pelo circuito de controle, assim o inversor é liberado e passa a alimentar

a carga. Normalmente essa transferência não é sincronizada e leva até 8 milissegundos.

Todo sistema *short-break* possui um sensor de descarga final de bateria o qual monitora a tensão mínima da bateria. A hora que esse valor é atingido, o sensor manda um sinal de bloqueio para o inversor, que trava os pulsos de disparo dos transistores. Para aumentar a autonomia é necessário aumentar o número de baterias, porém deve-se verificar se o carregador tem potência suficiente para carregar o banco de baterias e se os transistores do inversor possuem dissipador de calor adequado para operar por longos períodos. Outro fator importante é a temperatura ambiente onde o sistema está instalado. No mercado brasileiro existem duas configurações de sistemas: o *short-break* estabilizado, o que possui um estabilizador interno para estabilizar a tensão da rede e o *short-break stand-by* não estabilizado (nesse caso a tensão de saída só é estabilizada quando o inversor esta em operação).

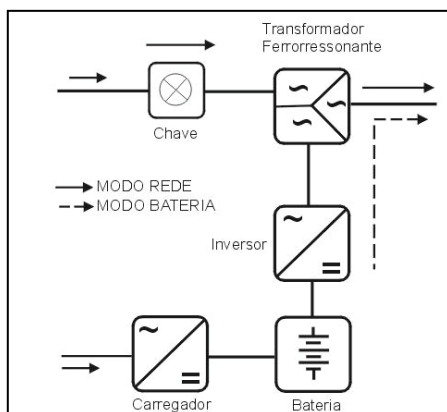
Outra configuração de *short-break off line* é a linha *Interactive Line* onde o inversor trabalha em paralelo com a rede, tornando o tempo de transferência de rede para o inversor em no máximo quatro milésimos de segundo. Esse sistema possui um estabilizador interno para corrigir a tensão da rede.

### 2.3.3.3 *No-break* Ferrossonante

Quando o sistema está no modo rede, segundo a NBR 15014 (2003, p. 04), a carga é alimentada com energia da rede, através de um transformador ferrossonante que estabiliza a tensão de saída, porém a frequência de saída depende da frequência de entrada de alimentação da rede.

Quando ocorrer alguma falha na alimentação da rede, o conjunto inversor/bateria mantém a alimentação da carga no modo bateria e a rede CA é desligada por uma chave. Seu funcionamento é suprido durante a autonomia da bateria ou retorno as características normais da rede CA.

A figura15 mostra a topologia do *no-break* ferrossonante.



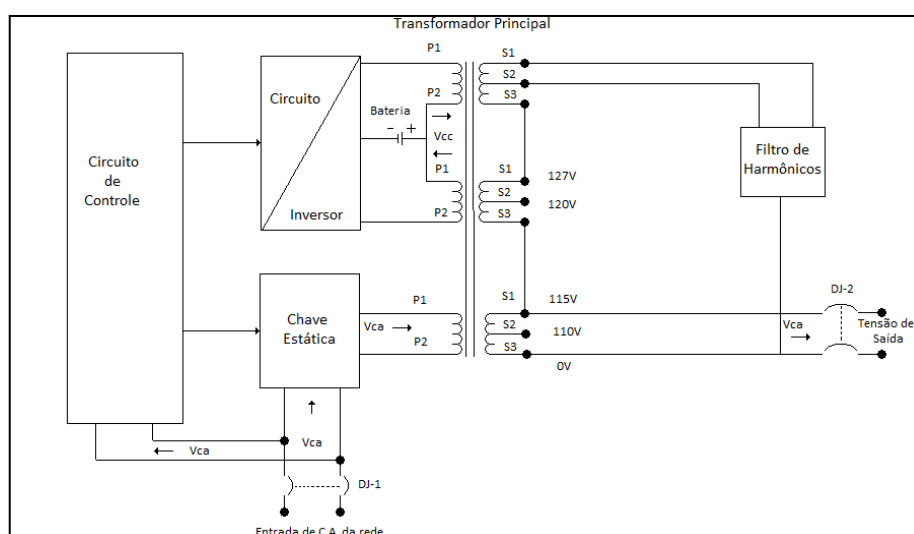
**FIGURA 15 – Topologia *no-break* ferrosonante**

**FONTE: NBR 15014 (2003, p.04).**

#### 2.3.3.4 *No-break* Bidirecional

A fonte de energia principal é a rede elétrica e o circuito inversor é a fonte secundária. O *no-break* bidirecional em operação libera a fonte principal para alimentar a carga através do acionamento de uma chave pelo controle de operação. Havendo falha na alimentação da fonte principal o controle libera o inversor para alimentar a carga.

Na figura 16 pode-se observar um diagrama de um *no-break* estático bidirecional de comutação direta para melhor esclarecer o assunto.



**FIGURA 16 – Diagrama *no-break* bidirecional**

**FONTE: FIGUEIRA (2005, p.19).**

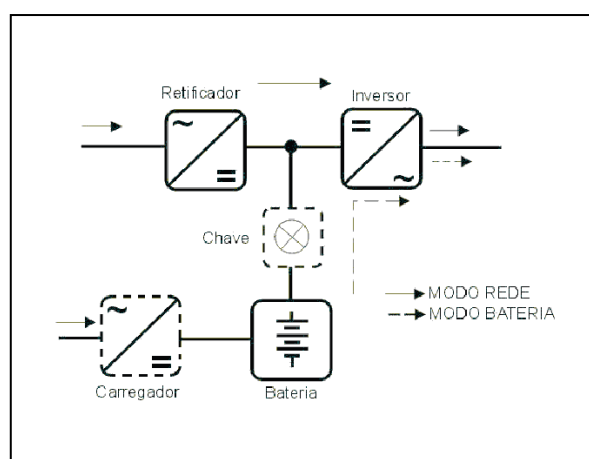
### 2.3.3.5 *No-break* Dupla Conversão

O *no-break* de dupla conversão é um equipamento eletroeletrônico projetado para transformar a energia de corrente contínua em energia de corrente alternada. É chamado de dupla conversão porque utiliza dois circuitos conversores (um circuito retificador e um circuito inversor).

Protege a carga contra os seis principais distúrbios da rede elétrica: “falta de rede, sub-tensão, sobretensão, surto de tensão, variação de frequência e ruído, sempre fornecendo tensão senoidal na saída além de não apresentar interrupção nas transferências de carga” (MARTINS et all. 2008, p. 06).

Quando as características da rede CA estão normais, opera no modo rede, e segundo a NBR 15014 (2003, p. 02), a carga alimentada continuamente pelo conjunto retificador/inversor de dupla conversão, isto é, conversão de CA para CC e CC para CA. Deste modo a tensão e frequência são independentes da tensão e frequência de entrada da rede CA. Quando ocorrer uma falha na alimentação da rede CA, o *no-break* entra no modo bateria aonde o conjunto bateria/inversor continua a alimentar a carga pelo tempo de autonomia da bateria ou até o retorno normal da rede de alimentação CA.

A figura 17 mostra uma topologia de *no-break* dupla conversão:



**FIGURA 17 – Topologia *no-break* dupla conversão.**

**FONTE: NBR 15014 (2003, p.03).**

### 2.3.3.6 *No-break* Tripla Conversão

O *no-break* tripla conversão possui três conversores de energia: o retificador, o conversor CC/CC e o inversor CC/CA. A vantagem de usar um conversor é o fato de não precisar aumentar o número de baterias, o que elevaria o preço do sistema e a dimensão do banco de baterias. E a maior vantagem é poder usar semicondutores, transformadores e componentes que trabalham com tensões elevadas e baixa corrente. Por isso são sistemas de grande potência com pequenas dimensões e baixos custos.

### 2.3.3.7 Principais Partes dos *No-Breaks*

Os *no-breaks* são formados pelos principais componentes:

- Circuito Retificador: “converte tensão alternada em contínua”, alimentando o inversor, e também realiza a recarga do banco de baterias (Martins et all. 2008, p.03). Inicialmente retifica-se a corrente alternada aplicada na ponte de semicondutores. Após isto, a corrente contínua passa pelo processo de filtragem. A condução dos semicondutores pode ser:

- Não controlada: utiliza diodos apenas para converter a corrente alternada em corrente contínua.
- Semi controlada: utiliza diodos e tiristores, mas apenas os tiristores têm a sua condução de corrente controlada.
- Controlada: são empregados apenas tiristores, podendo ter controle total da condução de corrente.

No sistema *no-break* o retificador é responsável pela alimentação do banco de baterias, seja na condição de flutuação, ou na condição de carga. Também é responsável por alimentar o circuito inversor.

- Filtro Corrente Contínua: o filtro de corrente contínua faz parte do circuito retificador e retira o *ripple* ou ondulações que estão presentes. Utiliza basicamente três componentes para sua construção: resistor, capacitor e indutor.



- Baterias: as baterias utilizadas nos sistemas *no-break* e *short-break* podem ser do tipo chumbo-ácido, alcalinas ou gelatinosas. O período que o *no-break* funciona alimentado pela bateria ou banco de baterias é chamado de autonomia.
- Circuito Inversor: converte corrente alternada em contínua para alimentar o inversor e também para realizar a recarga do banco de baterias. Conforme Pomilio, “o inversor é o principal constituinte de uma UPS, uma vez que é ele quem determina a qualidade da energia fornecida à carga” (POMILIO, 2011, p.04). A forma de onda de saída pode ser quadrada ou senoidal. Seu circuito é alimentado por duas fontes distintas de corrente contínua que trabalham em paralelo: uma fonte principal (o circuito retificador) e uma fonte secundária (o banco de baterias).
- Filtro LC de Saída: a função do filtro LC de Saída é retirar o componente fundamental e seus harmônicos da onda quadrada gerada pelo inversor. Normalmente os indutores do filtro de saída tem um tamanho grande. Devido a isto, um grande número de *short-break* no Brasil não possui filtro de saída, pois isto acarretaria um aumento na dimensão do aparelho e um custo mais alto para sua fabricação.

## 2.3.4 Acumuladores Elétricos

### 2.3.4.1 Conceitos Básicos

O processo de conversão de energia química em energia elétrica é um método muito utilizado na formação de fontes de energia. Conforme Barradas, (1980, p.605), quando esse processo é reversível, ou seja, a energia química é recuperada através do fornecimento de energia elétrica, este equipamento é classificado como acumulador elétrico.

- Baterias

É um conjunto de acumuladores elétricos que tem a finalidade de transformar a energia química em energia elétrica.

“A primeira bateria foi construída por Alessandro Volta, em torno de 1800, na Universidade Pávia, Itália. Ele era professor de Filosofia Natural. Este

equipamento, depois conhecido como pilha voltáica, era composta de uma série de discos de zinco e prata, aos pares, separadas uma das outras por papel impregnado com uma mistura de sais. A corrente circulava quando o disco superior de prata era conectado ao disco inferior de zinco por meio de um fio de cobre. Em 1836, o químico Inglês John Daniel desenvolveu o que hoje conhecemos como células voltáicas.” (NOLL; VILLAÇA, 2008, p.3).

As baterias, devido às suas características, permitem que se utilizem os aparelhos ou sistemas completos de energia, de forma *off line*, ou seja, consegue-se carregar tais dispositivos de forma a armazenar energia e posteriormente utilizá-las, pois as baterias ficam na maior parte do tempo recebendo energia da rede para que, no momento certo, forneçam esta energia.

Para tal, utiliza-se um sistema simples, que compõe um circuito com uma chave, que quando acionada, passa a conduzir corrente elétrica, acionando o funcionamento do circuito. O princípio de funcionamento é básico, armazena-se e descarrega-se energia mediante alguns componentes químicos e elétricos e a reação provocada pela combinação entre eles (HISTORY TELEVISION NETWORKS PRODUCTIONS, 2007).

A conexão de várias baterias em série permite que um sistema de energia seja suprido por alguns instantes, até que uma interrupção, ocasionada mediante um acidente ocorrido, seja revertida. Desta forma, para a construção de um circuito elétrico qualquer, visando à integridade e continuidade de funcionamento do mesmo, é importante utilizar a instalação de baterias ou até mesmo de um banco de baterias.

- Princípios Básicos

O funcionamento de uma bateria se resume na transformação de energia química em energia elétrica através de uma ligação de oxidação-redução. Na figura 18 pode-se verificar os componentes básicos de uma bateria.



**FIGURA 18 – Componentes básicos de uma bateria**

**FONTE: HITORY TELEVISION NETWORKS PRODUCTIONS.**

Uma célula voltáica é composta de dois elementos químicos diferentes, de diferentes capacidades de atrair os elétrons, que são imersos num eletrólito e conectados um ao outro através de um circuito externo. Ocorre uma reação química conhecida como oxidação – redução durante a carga – descarga da bateria (NOLL; VILLAÇA, 2008, p.4)

Segundo Noll e Villaça (2008, p.4), as baterias e acumuladores são construídas de maneira que possam ser descarregadas e recarregadas adotando no processo de descarga o inverso do processo de carga (NOLL; VILLAÇA, 2008, p.4).

O uso do lítio nas baterias permitiu a evolução da construção delas e a redução consideravelmente do tamanho.

- Aplicação das Baterias no Circuito

Na falta de energia, ou seja, ao ocorrer uma interrupção sob responsabilidade da concessionária, apesar de todo um sistema montado com componentes, é a energia das baterias que deverá ser utilizada, pois a bateria será o componente capaz de armazenar energia e descarregar posteriormente, conforme necessidade ou detecção de falha do sistema de fornecimento. Por conta disto as baterias são imprescindíveis em tal sistema, pois elas são as responsáveis pela armazenagem da energia propriamente dito. Para auxiliar neste sistema será utilizado um *no-break* (princípio de funcionamento detalhado no item 2.3.3), pois as baterias serão nele

instaladas. Esta combinação de ligações permitirá o funcionamento do *no-break* e o suprimento por alguns instantes da falta de energia ocasionada pela concessionária.

Deve-se lembrar também que uma bateria é composta por duas ou mais pilhas, e um banco de baterias por duas ou mais baterias. Mediante este princípio pode-se entender que quanto mais pilhas ou baterias ligadas em série, maior será a capacidade de armazenagem de energia, e é por isto que neste circuito será necessário um banco de baterias (*HISTORY TELEVISION NETWORKS PRODUCTIONS, 2007*).

Para melhor entender todo o princípio de funcionamento de uma bateria ou de um banco de baterias, e deixar claro a ideia de implantação do circuito de aumento de confiabilidade proposto, deve-se destacar que existem dois tipos de baterias: primárias e secundárias, sendo que será detalhado cada uma destas classes para melhor entendimento.

#### 2.3.4.2 Classificação (Primárias e Secundárias)

O que difere as baterias primárias das secundárias é, basicamente, o fato delas descarregarem e poderem ser carregadas novamente. Àquelas que não podem ser carregadas novamente são chamadas de primárias e as que possuem novos ciclos são chamadas de secundárias.

- Baterias Primárias

Segundo NOLL e VILLAÇA (2008, p.21), as baterias primárias são baterias geralmente não-recarregáveis que são largamente utilizadas em equipamentos portáteis, tais como: relógios, calculadoras, máquina fotográficas, brinquedos, rádios, controle remoto e transmissores. Elas possuem uma vida útil limitada e necessitam ser constantemente trocadas por novas. As pilhas mais comuns são as de carvão ativado, mas apresentam um desempenho pouco satisfatório. Hoje em dia existe uma grande quantidade de pilhas no mercado, com características e aplicações variadas, confundindo o usuário final (NOLL; VILLAÇA, 2008, p.21).

Já Dawes (1976, p.90) afirma que apesar de muitas serem as combinações de placas de metais possíveis para a produção de pilhas, é importante salientar que somente algumas destas são comercialmente vendidas. Isso se deve a uma série de fatores tais como: ausência de reação ou perda de substância em ausência de corrente, presença de uma força eletromotriz – F.E.M. – considerável de energia em relação à intensidade de sua corrente, ausência de necessidades de mudanças de materiais e custos elevados, e ausência de sensibilidade de resistência interna e efeitos de polarização.(DAWES, 1976, p.89).

- Baterias Secundárias (Acumuladores)

Dawes (1976, p.97) afirma que a principal diferença entre as baterias primárias e secundárias é que as últimas permitem o recarregamento e a reutilização, e por isto são chamadas de baterias de acumuladores, ou seja, pode-se acumular carga novamente em seu interior.

É um dispositivo destinado a transformar energia química potencial em energia elétrica. Consiste essencialmente de dois eletrodos de substâncias diferentes imersos em um eletrólito, o qual reage com um dos eletrodos mais fortemente do que com outro. Ligando-se o acumulador a uma fonte de corrente contínua, a ação química se inverte e os elementos ativos Chumbo (Pb) e Dióxido de Chumbo (PbO<sub>2</sub>) se regeneram, carregando o acumulador (NOLL; VILLAÇA, 2008, p.5).

Atualmente esta diferença tornou as baterias de acumuladores essenciais para uso de baterias, de forma a ganhar grande parte do mercado, principalmente ao uso de pequenos aparelhos ou eletroeletrônicos. E como fica evidente o avanço tecnológico em alta velocidade, pode-se considerar ainda mais estes tipos de baterias.

Se no primeiro grupo as manutenções realizadas substituem materiais já esgotados por novos, nas baterias de acumuladores aplica-se uma corrente de descarga, fazendo com que os produtos eletroquímicos permaneçam no interior da célula. Portanto os materiais utilizados em uma pilha primária, que em algum momento do processo são expelidos, não podem ser usados na fabricação de uma pilha secundária. Neste sentido deve-se destacar as pilhas de *Daniell* e as de Gravidade que apesar de serem aptas a funcionarem como acumuladores, elas

acabam perdendo parte do material em seu funcionamento (reações químicas ocorridas no interior da pilha), portanto teriam vida útil.

Com relação ao uso das baterias de acumuladores, dois modelos merecem destaque, as baterias de chumbo-chumbo-ácido e as de níquel-ferro-álcali (DAWES, 1976, p.122).

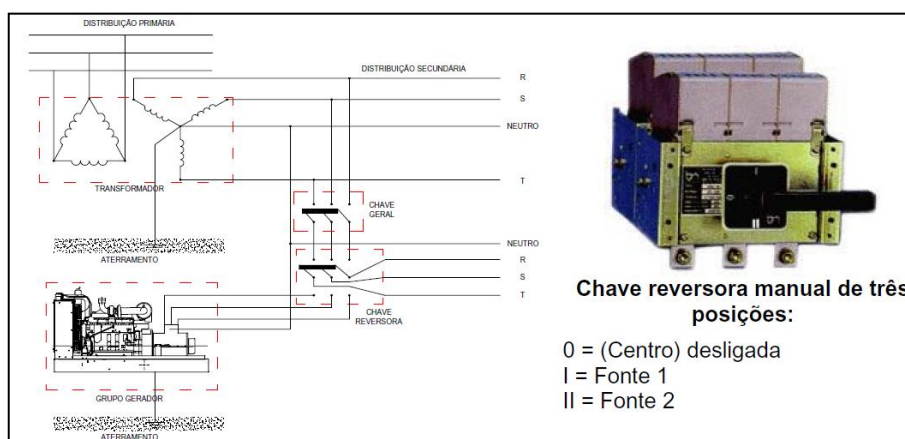
### 2.3.5 Chaves de Transferências

Os sistemas que utilizam um grupo gerador como fonte alternativa de energia, conforme Pereira (2009, p.01), necessitam utilizar obrigatoriamente chaves reversoras ou comutadoras de fonte. Elas possuem a finalidade de transferir a fonte de energia principal para a fonte de energia secundária sem que tenha o risco de ligação simultânea. As chaves de transferências de fonte podem ser de diversos tipos, desde chaves manuais à chaves com controles eletrônicos digitais de comandos remotos.

#### 2.3.5.1 Chave Manual

O conceito mais simples de chave reversora é o contato reversível. As chaves normalmente são de três polos (trifásicas). A opção manual é do tipo faca, usadas para operação sem cargas.

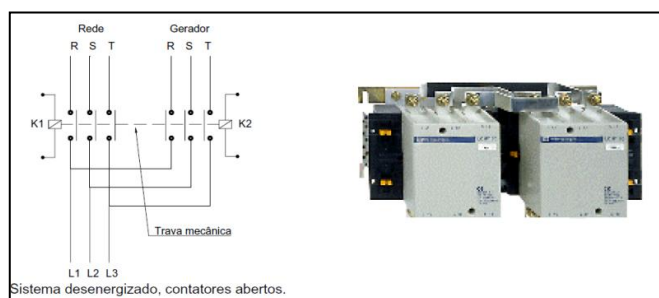
Na figura 19 pode-se verificar o diagrama de instalação de um grupo gerador e o modelo de uma chave reversora manual de três posições.



**FIGURA 19 – Diagrama de instalação de um grupo gerador  
 FONTE: PEREIRA (2009, p.2).**

### 2.3.5.2 Chaves Automáticas

As chaves automáticas são constituídas de pares de contatores ou disjuntores monitorizados com comandos de abertura e fechamento, conforme mostrado na figura 20.



**FIGURA 20 – Chave automática com intertravamento mecânico**  
**FONTE: PEREIRA (2009, p.3).**

Garante fornecimento de energia elétrica às cargas críticas do sistema, gerenciando automaticamente duas redes de alimentação conectadas na entrada do equipamento e decidindo, em função do estado de cada delas, qual rede deverá assumir o papel de alimentar o sistema conectado na saída do equipamento. (Lorençato; Gabiatii, 2008,p.02).

Conforme Pereira (2009, p.3), a trava mecânica impede que os contadores sejam fechados simultaneamente, e as bobinas são intertravadas eletricamente através de contatos ou relés auxiliares.

As companhias de energia exigem que as chaves reversoras sejam dotadas de intertravamento mecânicos e nas chaves com acionamento elétrico adicionalmente são utilizados contatos auxiliares. Nas transferências em paralelo com a rede há exigências específicas conforme contrato de fornecimento, além disto, é exigido que os circuitos de emergência supridos pela fonte de energia secundária sejam instalados independentes dos demais circuitos. Os grupos geradores devem ser instalados em áreas livres e protegidos do tempo e do contato com pessoas não autorizadas

### 2.3.5.3 Chaves Dedicadas

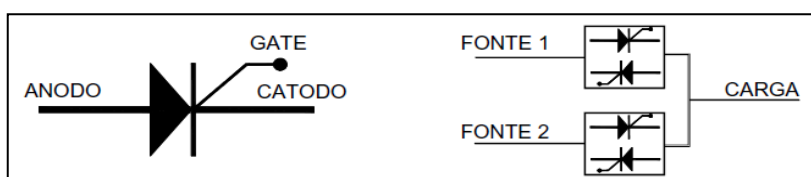
As chaves dedicadas são construídas especificamente para comutação de duas fontes de energia. Elas combinam ações de massa e campo magnético para

impulsionar os contatos. Ao mesmo tempo em que conecta uma fonte, desconecta a outra, não havendo assim risco de interligação das duas fontes de energia. Os tipos de acionamentos podem variar de acordo com o fabricante, além dos recursos de supervisão e controle.

#### 2.3.5.4 Chaves Estáticas

Atualmente são chaves sem contato móveis, utilizando retificadores controlados de silício (SCR). Segundo Pereira (2009, p.09) são utilizadas principalmente em UPS (*Uninterruptible Power Suppliers*) ou *no-breaks* estáticos. A transferência da chave estática ocorre com interrupção de 2 a 4 milissegundo, sendo uma interrupção imperceptível e não detectada pelos equipamentos consumidores.

O SCR é um circuito que opera aberto e só haverá circulação de corrente quando houver o disparo através de um sinal aplicado no GATE, que manterá ele fechado conduzindo do ANODO para o CATODO, enquanto permanecer o sinal. Assim que retirar o sinal, o mesmo pára de conduzir e a corrente se reduz a zero. Através dessa tecnologia é possível construir um sistema de controle para acionamento do GATE e montar uma chave comutadora para controlar qual fonte de energia será atuante conforme pode-se verificar na figura 21.



**FIGURA 21 – SCR e chave comutadora construída com SCR**  
**FONTE: PEREIRA (2009, p.10).**

- Módulo de Comando

Os comandos de transferência devem ter intertravamentos que são necessários para que não exista a possibilidade de duas redes entrarem juntas, colocando em risco o profissional que está executando algum serviço, ou venha danificar algum equipamento.



## 2.3.6 Transformadores

### 2.3.6.1 Conceitos e Princípios de Funcionamento

O transformador é uma máquina elétrica estática que tem como finalidade transferir energia elétrica de um circuito para outro, geralmente com tensões e correntes diferentes, mantendo a mesma frequência e aproximadamente a mesma potência (SOARES, 2010, p.02).

O transformador é necessário devido às longas distâncias entre a geração de energia e os seus consumidores, necessitando assim que a transferência seja feita em altas potências e seu fornecimento seja abaixado para poder alimentar seus consumidores. Segundo Souza (2008, p.23) antes da existência dos transformadores, a energia elétrica era distribuída em baixa tensão e em corrente contínua a poucos consumidores, os quais deveriam estar instalados forçosamente próximos à geração, pois os alimentadores de energia não podiam ser longos devido às quedas de tensão e às perdas de energia nos condutores elétricos.

Segundo Soares (2010, p.02), o funcionamento dos transformadores é baseado no princípio da indução eletromagnética, descoberta pelo físico inglês Michael Faraday, em 1831: Quando a corrente de uma bobina varia, seu campo magnético induz uma força eletromotriz (F.E.M.) numa bobina vizinha.

As manutenções preventivas e preditivas dos transformadores são importantes para poder antecipar uma parada não programada. Existem alguns testes e ensaios em transformadores que visam verificar se a manutenção preventiva é necessária, sendo eles:

- Cromatografia: a análise cromatográfica dos gases dissolvidos em óleo isolante é um instrumento muito eficiente na determinação de falhas incipientes, e para simples monitoração do equipamento sem ocorrer interrupções no fornecimento de energia (SOUZA, 2008, p.27). Essa formação de gases pode ocorrer por envelhecimento natural, podendo causar uma falha no equipamento.
- Termografia: segundo Souza (2008, p.28) a termografia ou termovisão é um método simples que pode detectar falhas que não são perceptíveis ao olho humano, permitindo a inspeção sem contato. As

falhas em sistemas elétricos são geralmente precedidas de uma anormalidade térmica do componente elétrico, o que faz da medição de temperatura um dos principais parâmetros de análise e diagnóstico na manutenção preditiva.

- Análise físico-química: determina a condição de isolamento e o estado de envelhecimento do óleo mineral isolante, a partir de uma coleta da amostra de óleo mineral isolante no transformador em serviço (SOUZA, 2008, p.31).
- Medição de descargas parciais: os sinais de DP's auxiliam a identificar o envelhecimento prematuro dos materiais isolantes, defeitos de fabricação, assim como prevenir interrupções não programadas do sistema elétrico (SOUZA, 2008 p.32).
- Análise de resposta em frequência: essa técnica tem sido utilizada para detectar os seguintes problemas nos transformadores: aterramento do núcleo, movimento do núcleo, espiras em curto ou enrolamentos abertos, deformação dos enrolamentos e quebra ou perda das estruturas de armação (SOUZA 2008, p. 37).

## 2.4 OPERAÇÃO DO SISTEMA

Para o funcionamento correto de um sistema de energia é necessário seguir procedimentos de operação padrão. Segundo Barradas, (1980, p.953) as atividades de operação integram o conjunto de procedimentos que permitem o desempenho ótimo do sistema dentro das suas características de funcionamento. Podem ser divididas em: atividades diretas de operação e atividades indiretas de operação.

### 2.4.1 Atividades Diretas de Operação

São pré-estabelecidas atividades de rotina para serem executadas nos equipamentos do sistema.

#### 2.4.1.1 Operação de Controle

A operação consiste de tarefas de execução manual ou automática que controlem ou alterem o estado dos equipamentos. Pode-se citar como exemplo a comutação das fontes de CA (BARRADAS, 1980 p.954).

Os sistemas atuais disponibilizam vários recursos de automatização afim de manter a disponibilidade do sistema.

Segundo Barradas (1980, p.954), as principais atividades diretas de operação em sistemas de energia são:

- Inspeção visual periódica para cada equipamento das fontes CA e CC, observando estados dos gabinetes, lâmpadas de sinalização, medidores, botões de comandos, chave de comutação e fiação interna.
- Atendimento às reclamações na ocorrência de anomalias no fornecimento de energia.

#### 2.4.1.2 Operação de Equipamentos

São atividades de controle de desempenho e ajuste dos principais parâmetros indicadores das características de funcionamento. Segundo Barradas (1980, p.955) podem ser citadas como atividades diretas de operação:

- Inspeções visuais: condições de funcionamento dos medidores dos painéis, existência de lâmpadas dos painéis queimadas, existência de componentes com superaquecimento, vazamentos em tubulações (diesel, água arrefecimento), vazamentos nos vasos dos acumuladores e estado de conservação, e limpeza interna e externa dos equipamentos;
- Anotações periódicas das leituras dos indicadores dos painéis (tensão, frequência, corrente, pressão, etc);
- Testes periódicos para comprovação de desempenho dos equipamentos;
- Ajustes dos níveis e densidade dos acumuladores das baterias (baterias não seladas);
- Complementação do óleo do cárter dos motores;
- Ajustes de frequência e tensão das fontes CA;

- Ajuste da tensão de flutuação das baterias;
- Complementação da água do reservatório do radiador dos motores.

#### 2.4.1.3 Ações de Emergência

São atividades de operação para recuperar o sistema quando ocorrem eventos graves. Segundo Barradas (1980, p.956), as providências e atividades necessárias nesse caso, devem ser previstas em planos de emergência, de pleno conhecimento do pessoal técnico de operação.

É necessário o treinamento constante dos técnicos envolvidos e adequação sistemática das normas de operação e manutenção. Em relação aos meios materiais, Barradas (1980, p.956) destaca os seguintes itens:

- Diagramas de blocos, esquemas gerais e manuais específicos dos equipamentos;
- Ferramental básico e especial para a realização de manutenção e eventuais ajustes;
- Normas e instruções orientativas dos procedimentos operacionais.

#### 2.4.2 Atividades Indiretas de Operação

As atividades indiretas de operação constituem o apoio necessário ao desempenho das atividades diretas. Segundo Barradas (1980 p.956) as atividades indiretas de operação mais representativas são:

- Emissão de documentação técnico-operacional: todas atividades de operação devem constar os documentos normativos adequados, com revisões periódicas para sua atualização;
- Avaliação da qualidade de operação: relação entre os resultados reais e os pré-estabelecidos. O estabelecimento desses índices é baseado inicialmente em dados e observações práticas do profissionais.

- Avaliação de treinamento: desenvolvimento de pessoal através da formação do profissional e adestramento de pessoal por meio da especialização.
- Otimização da operação: Para eficiência na execução das tarefas de operação, além de pessoal treinado e ferramental adequado, é necessário um planejamento racional para as atividades, onde as tarefas devem ser exercidas com um mínimo de esforço.

## 2.5 MANUTENÇÃO

A manutenção começou a ser conhecida por volta do século XVI, mas firmou-se apenas na segunda guerra mundial no período pós guerra, onde a Inglaterra, a Alemanha, a Itália e principalmente o Japão, utilizaram a engenharia de manutenção industrial (MORO, 2007 p.23).

Com a globalização, a necessidade de ser mais competitivo produzindo produtos com maior qualidade e menor custo não é mais um diferencial e sim um pré-requisito para que as indústrias sobrevivam no mercado de trabalho. Segundo Fernandes (2010, p.02), com a globalização da economia, a busca da qualidade total em serviços, produtos e gerenciamento ambiental passaram a ser a metas de todas as empresas.

As manutenções podem ser classificadas em:

- Manutenção corretiva
- Manutenção preventiva
- Manutenção preditiva

Serão detalhadas apenas as manutenções corretiva, preventiva e preditiva pois estas são as de maior importância para desenvolvimento do estudo de caso.

### 2.5.1 Manutenção Corretiva

A manutenção corretiva visa corrigir, restaurar e recuperar a capacidade produtiva de um equipamento ou instalação, que tenha cessado ou diminuído sua capacidade de exercer as funções as quais foi projetado (FERNANDES, 2010 p.03).

A manutenção corretiva acaba desgastando os seus equipamentos, pois acaba trabalhando em condições anormais, além de gerar paradas não programadas na linha de produção, podendo vir a levar multas por não entregar seu pedido ao cliente.

Os maiores custos associados com este tipo de gerência de manutenção são: altos custos de estoques de peças sobressalentes, altos custos de trabalho extra, elevado tempo de paralisação da máquina e baixa disponibilidade de produção (ALMEIDA, 2000 p.02).

Deve se ter uma gestão da manutenção caso ocorra uma parada do equipamento, o operador deve abrir uma ordem de serviço (OS) e encaminhar ao departamento de manutenção para que esta seja executada, e após o término do serviço, a OS deve ser preenchida e arquivada para futura pesquisa.

Por fim devemos ressaltar que após realizada a manutenção corretiva, é importante promover diversos testes no sistema para verificação de normalidade do mesmo (BARRADAS, 1980, p.498).

## 2.5.2 Manutenção Preventiva

Segundo Fernandes (2010 p.03), é realizada de maneira a reduzir, evitar a falha ou a queda no desempenho do equipamento, obedecendo a um plano de manutenção preventiva previamente elaborado, baseado em intervalos de tempos definidos. Conforme Barradas (1980, p.969), a manutenção preventiva engloba atividades de manutenção pré-definidas, destinadas a verificação, ajuste e substituição de peças nos equipamentos a fim de evitar degradação da qualidade do sistema de energia.

São elaborados documentos determinando as atividades necessárias para a manutenção preventiva bem como qual profissional está apto a realizar a tarefa.

‘Utilizando dados estatísticos de arquivos ou históricos disponíveis nas empresas, procura-se determinar o tempo provável em que ocorrerá a falha, pois sabe-se que esta poderá ocorrer mas não se pode determinar exatamente quando (FERNANDES, 2010 p.04).

### 2.5.3 Manutenção Preditiva

A manutenção preditiva pode ser vista como um programa de manutenção preventiva acionada por condição. Conforme Almeida (2000, p.01), a premissa da manutenção preditiva é que o monitoramento das condições mecânicas e do rendimento operativo do processo assegurará o intervalo máximo entre os reparos.

## 2.6 CONFIABILIDADE DO SISTEMA

O sistema de energia elétrica possui suas particularidades e devido as suas características (essencialmente aéreas no Estado do Paraná), pode sofrer casos de interrupções de energia elétrica. Tais interrupções podem ser avaliadas sob diversos aspectos, sejam eles humanos, financeiros e econômicos.

Segundo o site da ANEEL:

“A energia elétrica possui características que as diferenciam dos demais insumos industriais. Ela precisa ser gerada concomitantemente com o consumo, não pode ser armazenada pelos consumidores, não pode ser transportada pelos meios usuais de transporte e, mais importante, sua qualidade depende tanto das empresas de energia elétrica, que a produzem, transmitem e distribuem, como do consumidor. A monitoração das grandezas elétricas em sistemas elétricos objetiva avaliar a confiabilidade do sistema e a qualidade da energia distribuída. Os sistemas elétricos estão deixando de ser sistemas eletromecânicos e se transformando em sistemas eletroeletrônicos. Esta transformação, que tem contribuído para o aumento da produtividade industrial e para o uso mais eficiente da energia elétrica, tornou mais rígidos os requisitos de Qualidade para a Energia Elétrica (ANEEL, 2013, p.1).

Segundo Adilson de Oliveira, a confiabilidade no suprimento de energia é componente essencial das economias industriais. Incertezas quanto à capacidade de o sistema elétrico atender o consumo de energia paralisam decisões de investimentos que propiciam o crescimento econômico.

Adilson de Oliveira, professor do Instituto de Economia da Universidade Federal do Rio de Janeiro, afirma que a recuperação da confiabilidade no

suprimento elétrico exige reconhecer que a sistemática de gestão dos reservatórios herdada do século passado é inadequada para o Brasil atual.

Em um estudo voltado a Refinaria da Petrobrás S. A. no Estado do Paraná, Antonio Wotecoski, Engenheiro Eletricista, promoveu o estudo das plantas industriais local com a ideia de criar um sistema de melhoria de confiabilidade em sistemas críticos. Segundo Wotecoski em seu artigo:

“É, razoável se esperar que um sistema de alimentação crítica ofereça alta confiabilidade de resposta quando solicitado, pois é a única fonte presente para os instantes em que controladores,, indicadores, iluminação de emergência, painéis de intertravamento, sinalizações, proteções, comandos elétricos e operacionais, entre outros, devam operar adequadamente a fim de se evitar situações que agravem as paradas de emergência” (WOTECOSKI, 2006, p.2).

Na continuidade do raciocínio, é importante ressaltar que alguns sistemas só podem ser alimentados em correntes alternadas, necessitando de um conversor para converter para corrente alternada. O conversor e o inversor são dois tipos de equipamentos úteis para sistemas de ininterrupções de energia.

Segundo Wotecoski, o inversor possui tempo médio entre falhas muito menor que o estágio Retificador somado a Bateria. Por este motivo, os *no-Breaks* (equipamentos que fornecem CA's críticas), permitem alimentação alternativa (*bypass* pela rede), com o objetivo de aumentar a confiabilidade. Portanto, para montar um sistema de ininterrupção de energia é importante dispor de um equipamento como o *no-Break*. Por outro lado, além do *no-break*, baterias e inversores, para construir um sistema ainda mais seguro, é importante incluir uma USCA, um GRUGER e chaves estáticas.

Ou seja, um sistema não é constituído de apenas um elemento e sim de vários. Essa quantidade pode variar, porém cada um deles agrega um valor único ao sistema como um todo e possivelmente a implementação e instalação de cada um aumenta o percentual dos índices de disponibilidade.

Desta forma entende-se que a implementação de cada equipamento trará um “ganho” ao sistema, e para medir este fenômeno utiliza-se o método de cálculo do tempo médio entre falhas - MTBF - de um sistema determinado, que nada mais é do que o tempo médio que ocorre uma falha da rede de energia em questão. Antes é importante definir o que é confiabilidade ou o aumento dela.



A palavra confiabilidade vem do radical fiabilidade que significa (definição sistêmica): a capacidade de uma pessoa ou sistema de realizar e manter seu funcionamento em circunstâncias de rotina, bem como em circunstâncias hostis e inesperadas. (TOSSI, 2010, p.32).

Inicialmente, para promover o cálculo da confiabilidade do sistema é importante ter em mente que deve ser analisado cada parte e no final a soma destas comporá o índice principal. Para tais análises, deve-se utilizar métodos estatísticos avaliando a vida útil dos equipamentos e as causas que ocasionam a interrupção dos mesmos, sejam elas de grande ou pequena duração, e também as aleatórias. Segundo Tossi, em sistemas de missão crítica, a principal consideração de confiabilidade é o cálculo da probabilidade de um sistema derrubar a carga. Segundo ele, o cálculo se baseia nos componentes da UPS, da sua topologia, das associações e de como estão sendo empregados.

Para medir a probabilidade de falha de um sistema utilizamos o termo *Mean Time Between Failures*- MTBF, ou seja, tempo médio entre falhas. É importante ressaltar também o tempo levado para recolocar os equipamentos em operação a cada falha, ou seja, o tempo médio de reposição do sistema ou o *Mean Time To Repair* – MTTR.

Segundo Tossi (2010, p.33), em sistemas que há redundância, o MTTR é importante, pois este parâmetro poderá evitar o desligamento da carga se for identificado o problema e solucionado de forma rápida.

Deve-se portanto pensar na variável “disponibilidade” que Tossi define como o tempo disponível de uso de um sistema em relação a forma como foi projetado para ser usado. Desta forma pode-se dizer que a variável disponibilidade poderá ser indicada pela razão entre a confiabilidade e a soma do tempo de reparo e a confiabilidade, ou seja, será um percentual menor que 100% quando o tempo de reparo ocorrer. Sendo assim entende-se que deve-se buscar a eliminação do tempo de reparo ou a minimização deste para que a confiabilidade aumente ou chegue próxima a 100%.

Serão utilizadas as fórmulas de MTBF relacionada a taxa de falha para poder calcular a confiabilidade do sistema do estudo de caso.

O MTBF de cada equipamento é conseguido através dos manuais dos fabricantes, assim podemos calcular a taxa de falha de cada equipamento com a fórmula:

$$MTBF = 1 / \lambda$$

Com a taxa de falha de cada equipamento pode-se calcular a taxa de falha do sistema conforme a as equações segundo Fernandes (2012, p.40)

Sistema em paralelo:  $\lambda = \lambda_1 \times \lambda_2$

Sistema série:  $\lambda = 1 - (1 - \lambda_1) \times (1 - \lambda_2)$

Diante do exposto será realizado um estudo de caso buscando detalhar melhor as atuações das manutenções (preventiva e corretiva), além da análise do sistema como um todo, de uma simulação via software e proposta de melhoria.

### 3 ESTUDO DE CASO

No presente capítulo do trabalho serão detalhados os estudos práticos realizados para a composição do mesmo, a fim de comparar os estudos teóricos com os resultados. O estudo de caso foi realizado na Companhia Paranaense de Energia utilizando as instalações de cargas com demandas críticas, observando e descrevendo os resultados encontrados em manutenções acompanhadas na mesma empresa. Posteriormente terá simulações relacionadas à circuitos críticos de energia seguido de uma proposta de melhoria no atual sistema de ininterrupção de energia da COPEL do Km 3 (mossunguê).

#### 3.1 O SISTEMA CRÍTICO ESTUDADO

Foram realizadas visitas na empresa COPEL, nas unidades Mossunguê e Pe. Agostinho, a fim de acompanhar ensaios e manutenções dos sistemas UPS's. Ambas as unidades possuem um mesmo padrão de manutenção nas quais são realizadas inspeções conforme um procedimento operacional detalhado no ANEXO B, que são análises visuais mediante sensores e alarmes, coletas de dados e ensaios para verificar a funcionalidade correta do sistema. Na unidade da COPEL do Km 3 foram realizadas visitas a fim de estudar como é uma infraestrutura de um sistema crítico de energia. Na COPEL do Pe. Agostinho foi realizada visita para acompanhar uma manutenção preventiva agendada. A seguir serão detalhados os sistemas, os recursos para efetuar as manutenções e os tipos de manutenções realizadas.

##### 3.1.1 Sistema de Entrada Comercial

O sistema convencional que alimenta a infraestrutura do sistema estudado, tanto da unidade Mossunguê como Pe. Agostinho trata-se de um barramento de 13,8 kV que é abaixado para a tensão de 220V para finalmente alimentar as cargas

do sistema como é indicado nos ANEXO A e D. A diferença entre as unidades é a potência fornecida para o sistema como será detalhado a seguir.

### 3.1.2 Descrição do Sistema Crítico Estudado

A unidade Mossunguê do Km 3 possui uma rede convencional 13,8 kV que é abaixada para 220V com a potência de 500 kVA para alimentar um quadro geral que distribui as cargas conforme o ANEXO A.

A unidade Pe. Agostinho possui duas entradas de rede convencionais de 13,8kV que são abaixadas para 220V com a potência de 750 kVA cada uma, entregando a potência ao quadro geral QGBT conforme ANEXO E.

### 3.1.3 Recursos da manutenção

São previstos para a manutenção dos equipamentos os seguintes recursos:

- Pessoais: técnico habilitado para a execução do serviço devidamente treinado.
- Materiais: ferramentas necessárias para execução dos testes e realização do serviço, tais como multíteste, alicate amperímetro, chaves para reaperto das porcas dos terminais.
- Administrativos: documentos como procedimentos de operação e *check list* para anotar os dados dos testes realizados.

### 3.1.4 Manutenções

São subdivididas em manutenções preventivas e manutenções corretivas realizadas por técnicos devidamente treinados.

A manutenção preventiva da entrada da rede da COPEL de 13,8 kV é realizada por uma equipe técnica responsável pelo sistema de alta tensão, seguindo padrões de treinamento e equipamentos necessários para o trabalho. As verificações de tensões e correntes de entrada de rede no quadro geral são verificadas pelos técnicos responsáveis pelo setor de cargas críticas, no qual são verificados os seguintes itens:

- Entrada de tensão da rede: medida com multímetro para verificar as tensões das fases de entrada da rede e são anotadas na planilha de manutenção.
- Corrente de entrada da rede: medidas as correntes das fases com alicate amperímetro e anotadas na planilha de manutenção.

A manutenção preventiva da entrada da rede da COPEL de 13,8 kV é realizada por uma equipe técnica responsável pelo sistema de alta tensão, seguindo padrões de treinamento e equipamentos necessários para o trabalho.

## 3.2 GERAÇÃO DE ENERGIA

A fonte auxiliar de energia é gerada por grupos geradores que entram em funcionamento automático caso ocorra uma interrupção da concessionária de energia. Os geradores são instalados na parte externa, no qual os mesmos estão dispostos em container com sistema de abafamento de som.

### 3.2.1 Descrição do Sistema de Geração de Energia

Os geradores podem ser operados em modo automático ou manual conforme a configuração do sistema de comando de transferência. Normalmente está com a chave no modo automático e só é acionado manualmente em caso de falhas no sistema de transferência automático ou em caso de realização de testes.

A planta Pe. Agostinho possui dois geradores de 750 kVA e dois geradores de 185kVA. A planta do Km 3 possui 2 geradores de 750 kVA.

### 3.2.2 Manutenções do Gerador

São realizadas cronologicamente e subdivididas em manutenções preventivas e manutenções corretivas.

Com relação às manutenções preventivas, são realizadas manutenções semanais nos geradores onde são verificados alguns itens (conforme modelo de

planilha de anotações no ANEXO B), os quais são anotados em um *check-list* que é arquivado para eventual necessidade de pesquisa para comparação de valores. Existem duas etapas, uma com o gerador desligado e outra com o equipamento em funcionamento. É simulada a falta da rede principal afim de monitorar a partida do gerador assumindo a carga. Essa manutenção visa a prevenção contra perda de potências.

Verificações com o gerador desligado:

- Inspeções visuais para verificar se não existe poeira, vazamentos ou peças soltas;
- Verificado se o nível do arrefecedor está dentro do recomendado;
- Verificado o nível de óleo do carter se está dentro das medidas indicadas pelo fabricante;
- Inspeção visual do cabo condutor que liga o gerador ao disjuntor;
- Verificado o nível de água do separador de água;
- Verificado o funcionamento do carregador de baterias;
- Verificado o funcionamento do aquecedor da água da camisa;
- Medido a tensão das baterias;
- Medir temperatura da água do coletor.

Verificações com Gerador ligado:

- Partida do gerador;
- Inspeção do painel de instrumentos;
- Inspeção do retificador giratório (variação de tensão de saída);
- Potência total de saída em kW e kVA;
- Fator de potência e frequência da saída;
- Tensões das fases “R” “S” e “T” em relação ao neutro;
- Correntes das fases “R” “S” e “T”;
- Potências de saídas das fases “R” “S” e “T” em kW e kVA;
- Temperaturas de arrefecimento, do coletor de admissão e do combustível;
- Tensão da bateria;

- Horas de funcionamento do gerador;
- Nível de diesel no tanque.

Depois de realizada as verificações com o gerador em funcionamento é realizada a manobra de retorno da rede de transferência de alimentação do gerador para a rede (observar lâmpadas de sinalização no painel).

As manutenções corretivas ocorrem devido ao motor possuir peças rotativas em seu mecanismo, e ser passível de apresentar defeitos que impeçam seu desempenho normal. O próprio fabricante fornece dados para correção de defeitos devido a utilização do motor ao longo dos tempos. No quadro 1 é possível consultar a lista de defeitos, bem como as possíveis causas e formas de reparo.

DEFICIENCIA OBSERVADA	CAUSA PROVÁVEL	REPARO
<p>1. Durante partida</p> <p>1.1 Motor não dá partida ou não alcança rotação nominal</p> <p>1.2 Motor alcança sua rotação e para</p>	<p>1. Bateria de partida descarregada ou defeituosa</p> <p>2. Motor de arranque defeituoso</p> <p>3. Cabos ou ligações elétricas danificados</p> <p>4. Válvulas de admissão e escape presas ou não existe folga entre o balancim e o cone da válvula</p> <p>5. A cremalheira, no dispositivo de parada não está livre</p> <p>1. Falta de combustível (tanque vazio)</p> <p>2. Registro do tanque de combustível está fechado</p> <p>3. Filtro de combustível entupido</p> <p>4. Regulador de rotação fora de posição de funcionamento</p> <p>5. Existe ar no sistema de combustível</p> <p>6. A bomba injetora não funciona ou tem rendimento insuficiente</p> <p>7. Bomba alimentadora defeituosa</p> <p>8. Válvula de pressão está presa ou defeituosa</p> <p>9. Existe ar no sistema de injeção</p> <p>10. Bico injetor entupido</p> <p>11. Início de débito da bomba injetora mal ajustado</p>	<p>1. Recarregar a bateria ou substituí-la</p> <p>2. Substituir o motor de arranque e recuperar o defeituoso</p> <p>3. Substituir os cabos ou ligações</p> <p>4. Verificar o livre movimento das válvulas e ajustar a sua folga</p> <p>5. Livrar a cremalheira</p> <p>1. Abastecer</p> <p>2. Abrir registro</p> <p>3. Limpar elemento</p> <p>4. Colocar em posição de serviço</p> <p>5. Sangrar o sistema</p> <p>6. Substituir a bomba e efetuar a recuperação</p> <p>7. Substituir ou consertar a bomba</p> <p>8. Limpar e substituir a válvula</p> <p>9. Sangrar o sistema</p> <p>10. Limpar o bico injetor</p> <p>11. Ajustar o início do débito</p>
<p>2. Durante o funcionamento</p>	<p>1. Vazamento na junta do cabeçote</p> <p>2. Anéis do êmbolo engripados, danificados ou desgastados</p>	<p>1. Apertar os parafusos do cabeçote – Substituir a junta se o resultado não for satisfatório</p> <p>2. Remover os êmbolos, limpar os anéis e seus alojamentos, substituindo os anéis danificados ou desgastados</p>

**Quadro 1 - Defeitos em motores diesel**

Fonte: FABRICANTE



DEFICIENCIA OBSERVADA	CAUSA PROVÁVEL	REPARO
2.1 Motor não tem rendimento	3. Camisa do cilindro com desgaste 4. Combustível inadequado, com teor calorífico inferior ao indicado 5. Fuligem nos cilindros devido ao vazamento da agulha no corpo do bico injetor 6. Pressão de injeção muito baixa 7. Válvula de admissão de escape está presa 8. Compressão é baixa demais devido aos anéis do êmbolo estarem engripados, danificados ou desgastados 9. Débito de combustível em um ou vários cilindros mal ajustados 10. Turbocompressor sujo 11. Coletores de escape estão com diâmetro interno reduzido devido acúmulo de impurezas e fuligem.	3. Substituir a camisa 4. Substituir o combustível pelo recomendado 5. Substituir o bico injetor 6. Ajustar a pressão para o valor correto 7. Soltar a válvula 8. Substituir os anéis e a camisa do cilindro 9. Regular a bomba injetora 10. Limpar o turbocompressor 11. Limpar os coletores
2.2 Motor funciona com detonações	12. Motor não recebe quantidade de ar suficiente para combustão, devido ao filtro de ar 1. Um ou mais cilindros falham 2. O injetor não está em boas condições 3. Início do débito de combustível mal ajustado 4. Mancal do turbocompressor defeituoso 5. Um êmbolo aqueceu-se excessivamente 6. Casquilhos soltos 7. Pino do êmbolo com folga excessiva em sua bucha 8. Bomba alimentadora defeituosa	12. Limpar o filtro de ar 1. Observar as causas e reparos do item 2.1 2. Substituir o bico injetor 3. Ajustar o início de injeção 4. Substituir o mancal 5. Parar o motor e pesquisar o motivo do aquecimento 6. Substituir os casquilhos danificados 7. Substituir a bucha do pino 8. Remover e examinar a bomba

**Quadro 1 - Defeitos em motores diesel (continuação)**

Fonte: FABRICANTE

### 3.3 SISTEMA NO-BREAK

Nas duas unidades os *no-break's* estão instalados em uma sala preparada com piso especial com ventilação e cabos de alimentação subterrâneos para facilitar a manutenção dos mesmos. Para o sistema de ventilação são utilizadas torres alpinas que ficam do lado externos da sala e são responsáveis por manter a temperatura da sala de equipamentos em uma temperatura ideal de trabalho.

#### 3.3.1 Descrição do Sistema de *No-Break*

A unidade do Km 3 da COPEL possui 3 *no-break's*, sendo um de 250 kVA e outros dois de 150 kVA, na qual existe um ligado em paralelo redundante para casos de falhas de qualquer dos equipamentos, conforme ANEXO A. A unidade Pe. Agostinho possui 4 *no-break's* iguais de 120 kVA responsáveis por alimentar as cargas críticas do COS e do COT (centros de operações) conforme ANEXO D.

#### 3.3.2 Manutenções do *No-Break*

As manutenções são divididas em manutenções preventivas e corretivas, nas quais diferenciam-se por meio do tipo de intervenção e custo, sendo que ambas serão descritas a seguir.

As manutenções preventivas são realizadas pelos técnicos responsáveis por meio de análise de inspeções visuais e medições que anotadas em planilhas para acompanhamento e futuras pesquisas, nas quais são verificados alguns itens:

- Inspeção visual do *no-break*: verificar se existe algum alarme em seu sistema, disjuntor desligado, oxidação em terminais, disjuntores ou barramentos.
- Tensão da saída do *no-break*: medida com multímetro e anotadas na planilha de manutenção.
- Corrente de saída do *no-break*: medida com o alicate amperímetro e anotadas na planilha de manutenção.

- Diferença de tensão inversor / rede alternativa : Medida com multímetro ou osciloscópio para verificar a diferença de tensão entre rede e inversor para verificar o sincronismo da mesma.

Quanto às manutenções corretivas, normalmente se existe algum defeito eletrônico no *no-break* é detectada a falha e substituída a placa. Em caso de defeitos devido a maus contatos, é verificado o motivo do superaquecimento e reapertado caso necessário ou substituído o conector.

### 3.4 ACUMULADORES

Os acumuladores estão instalados em salas especiais formando um banco de baterias responsáveis pela alimentação das cargas críticas. Todas as baterias possuem uma garantia mínima dada pelo fabricante e são do tipo selada a gel que não necessita fazer a manutenção de reposição de água.

#### 3.4.1 Descrição do Sistema de Acumuladores

As baterias são dispostas em prateleiras de ferro, preparadas para receber o peso das mesmas, formando um banco de baterias que é responsável pela alimentação contínua das cargas críticas. A autonomia do banco é calculada pelos tipos de baterias e pela quantidade de baterias que são utilizadas.

#### 3.4.2 Manutenções em Acumuladores

As manutenções são divididas em manutenções preventivas e corretivas, diferenciando-se pelo tipo de intervenção e custo. Detalharemos ambos os tipos a seguir.

Nas manutenções preventivas são adotados os seguintes critérios relacionados à manutenção do banco de baterias, no qual além de realizar manutenção mediante inspeção visual, são realizadas medições que são arquivadas

em uma planilha que servem de referência para outras manutenções futuras conforme modelo no anexos C. São realizadas as seguintes verificações:

- Tensão de flutuação das baterias: verifica-se com o multímetro a tensão de flutuação de cada bateria e do banco de baterias e anotam-se na planilha de manutenção, verificando se não há alguma bateria com o valor muito baixo, podendo indicar defeito na mesma.
- Tensão das baterias em descarga: mede-se com multímetro e com disjuntor do retificador desligado, as tensões das baterias individualmente de todo o banco de baterias e anotam-se na planilha de manutenção.
- Corrente de descarga das baterias: utiliza-se alicate amperímetro para medir e anotar a corrente de descarga das baterias.
- Corrente carregador de baterias: verifica-se, com multímetro, a corrente do carregador de baterias.
- Impedância das baterias: verifica-se, medindo separadamente, se a impedância esta dentro das especificações do fabricante.
- Inspeção visual das baterias: verifica-se se existe mau contato ou oxidação em seus pólos, conectores ou barramentos.

Para verificar as tensões das baterias é realizada uma manobra que derruba a rede e alimenta as cargas através do banco de baterias. Posteriormente, anotam-se as tensões de cada bateria de cada banco, e caso confirmada alguma avaria, é planejada a substituição da mesma levando-se em conta a garantia do fabricante.

O desligamento da rede para os serviços de manutenção é realizado pelos técnicos de distribuição da COPEL que a religam após realizados todos os procedimentos de manutenção.

As manutenções corretivas ocorrem quando existem falhas que visam restaurar a capacidade produtiva do equipamento. A perda de capacidade das baterias é devido a problemas internos ou decorrentes de erros operacionais. O quadro 2 a seguir resume as principais causas, seus efeitos.

SINTOMA OBSERVADO	CAUSAS PROVÁVEIS		PROCEDIMENTOS PARA MANUTENÇÃO
	DEFICIÊNCIA ESTRUTURAL	DEFICIÊNCIA OPERACIONAL	
1- Capacidade Reduzida	1.1- Desgaste das placas por envelhecimento natural  1.2- Impurezas no eletrólito  1.5- Autodescarga excessiva	1.3- Sulfatação das placas  1.4- Corrente de fuga	1.1.a- Substituição do acumulador  1.2.a- Substituição do eletrólito  1.3.a- Aplicação de carga de recuperação das placas  1.4.a- Limpeza e secagem conveniente do acumulador  1.5.a- Eliminação da sedimentação do recipiente
2 – Temperatura do eletrólito acima do normal durante a carga.	2.1- Curto-circuito interno  2.2- Desgaste excessivo das placas	2.3- Sulfatação das placas	2.1.a- Eliminação do curto entre os elementos  2.2.a- Substituição das placas  2.3.a- Idem a 1.3.a
3- Tensão reduzida nos terminais	3.1- Curto-circuito por deposição	3.2- Corrente de fuga acentuada 3.3- Mal contato nos terminais	3.1.a- Idem a 1.5.a  3.2.a- Idem a 1.4.a  3.3.a- Reaperto das porcas de fixação
4- Consumo excessivo de água	4.3- Curto-circuito interno	4.1- Temperatura do eletrólito acima do previsto 4.2- Corrente de carga excessiva	4.1.a Melhoria das condições ambientais  4.2.a- Correção da limitação de corrente das UR'S  4.3.a- Idem a 2.1.a
5- Consumo de água abaixo do normal		5.1- Carga insuficiente	5.1.a- Correção na corrente de carga
6- Corrosão das placas na região limite do eletrólito com ar	6.1- Impurezas de cloro no eletrólito		6.1.a- Substituição do eletrólito

**Quadro 2 - Defeitos em acumuladores**

**Fonte: FABRICANTE.**

SINTOMA OBSERVADO	CAUSAS PROVÁVEIS		PROCEDIMENTOS PARA MANUTENÇÃO
	DEFICIÊNCIA ESTRUTURAL	DEFICIÊNCIA OPERACIONAL	
7- Destruição das placas positivas	7.3- Impurezas no eletrólito	7.1- Sobrecargas prolongadas  7.2- Emprego do acumulador além da vida útil	7.1.a- Correção na corrente de carga das UR'S  7.2.a- Substituição do acumulador  7.3.a- Idem a 1.2.a
8- Eletrolito com densidade abaixo do normal	8.2- Curto interno	8.1- Perda de ácido do eletrolito	8.1.a- Correção da densidade do eletrólito  8.1.a- Idem a 2.1.a
9- Desprendimento de gás anormal durante a carga		9.1- Sulfatação das placas  9.2- Corrente de carga  9.3- Carga efetuada em temperatura muito baixa	9.1.a- Idem a 2.1.a  9.2.a- Idem a 4.2.a  9.3.a- Aquecimento do ambiente para temperatura de referência(25°C)
10- Manchas brancas nas placas	10.5- Impurezas no eletrólito	10.1- Sulfatação das placas  10.2- Nível do eletrólito abaixo do normal 10.3- Acumulador descarregado há muito tempo 10.4- Carga insuficiente	10.1.a- Idem a 1.3.a  10.2.a- Correção do nível do eletrólito  10.3.a- Idem a 1.3.a  10.4.a- Correção da corrente de carga das UR'S  10.5.a- Idem a 1.2.a
11- Manchas negras nas placas negativas		11.1- Deposição de antimônio por carga de corrente excessiva	11.1.a- Correção da corrente de cargas das UR'S
12- Sedimentação com camada superior branca		12.1- Carga insuficiente	12.1.a- Idem a 11.1.a

**Quadro 2 – Defeitos em acumuladores (continuação)**

**Fonte: FABRICANTE.**

### 3.5 SISTEMA DE TRANSFERÊNCIA

O sistema de transferência é responsável pela transferência automática ou manual da rede convencional para a rede alternativa.

#### 3.5.1 Descrição do Sistema

Tanto a planta da COPEL do Km 3 como a da Pe. Agostinho possuem um Procedimento Operacional Padrão (POP) do GRUGER, onde detalham as ações a serem tomadas caso ocorra uma falha no funcionamento automático dos geradores.

### 3.6 SIMULAÇÃO

Para exemplificar melhor, foi realizada uma simulação através do programa *automation Studio 5.0*, com a ideia de mostrar o funcionamento e o intertravamento de alguns sistemas com demandas críticas.

A figura 22 exemplifica um sistema básico no qual as cargas são somente alimentadas pela rede concessionária, e caso haja uma interrupção de transmissão, as mesmas ficarão sem alimentação até que a concessionária restabeleça o fornecimento normal de energia.

Ao acionar S1, alimenta-se a bobina de K1 fechando-se o contator que alimenta o motor M1 (cargas).

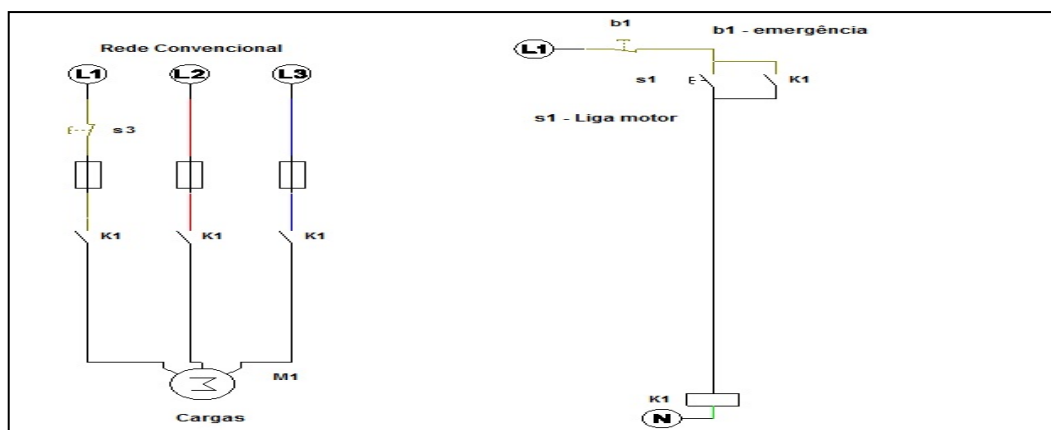
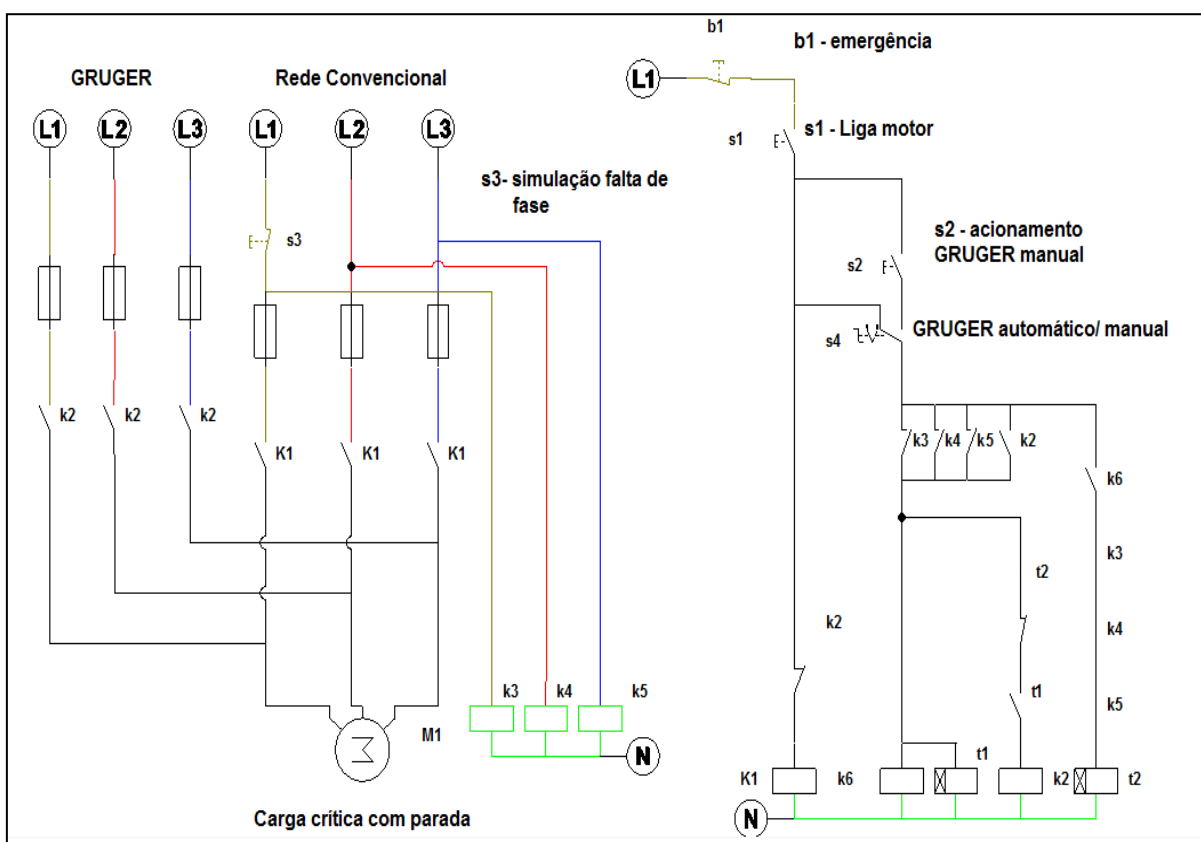


FIGURA 22 – Sistema básico

Fonte: AUTORIA PRÓPRIA.

A figura 23 mostra um sistema que possui cargas críticas com parada. O sistema possui dois sistemas de alimentação, sendo uma linha representada pelo Grupo Gerador – GRUGER, e uma Rede convencional que seria a Rede concessionária (principal fonte de alimentação de energia do sistema). Os relés k3, k4 e k5 funcionam como se fossem detectores de falta de fase. Para colocar em funcionamento o sistema, deve-se acionar a botoeira s1 que alimentará a bobina k1 e em seguida acionará o contator que ligará o motor M1. O motor continuará em funcionamento contínuo e poderá ser desligado através da botoeira b1.

A botoeira s3 serve para simular uma falta de fase. Caso seja acionada irá fazer com que o sensor k3 seja desenergizado, e caso a chave s4 esteja na posição automática, fará com que o sistema seja alimentado através da rede GRUGER caso a falta de fase ultrapasse o tempo estipulado pelo temporizador t1. Este t1 sendo acionado irá fechar o contato normalmente aberto t1 acionando a bobina k2. O contator k2 fará com que a carga seja alimentada através do sistema GRUGER. Caso a chave s4 não esteja na posição automática, a passagem de carga para o sistema GRUGER deverá ser realizada através da chave s2.



**FIGURA 23 – Sistema com cargas críticas e com parada**

Fonte: AUTORIA PRÓPRIA.



### 3.7 DISPONIBILIDADE LIGADA A MANUTENÇÃO

Destaca-se a importância da manutenção para garantir a disponibilidade e funcionalidade de um sistema. As manutenções preventivas e preditivas auxiliam a prevenir falhas e paradas inesperadas dos equipamentos e também geram um histórico de dados que podem ser utilizados como base para futuras manutenções.

Os manuais dos equipamentos fornecidos pelos fabricantes detalham a maneira adequada para realizar as manutenções e a periodicidade das mesmas. Detalham valores limites de parâmetros, como por exemplo, o valor de uma impedância de uma bateria totalmente carregada a uma determinada temperatura, podendo esta servir como base de comparação em um *check list*. Entre as manutenções preditivas pode-se destacar:

- Análise de vibração: Através de medições pode-se diagnosticar um problema mecânico na máquina como um desgaste de um componente, falta de balanceamento ou folgas.
- Termografia: Usada geralmente na área elétrica para diagnosticar falhas através do diferencial de temperatura, indicando maus contatos, peças com defeitos ou subdimensionamento de componentes.

Destaca-se a importância de um plano de manutenção para realizar, inspeções e manutenções preventivas, podendo programar e definir a compra de peças e a realização do serviço sem que necessite realizar a manutenção corretiva que gera maiores custos a empresa.

### 3.8 DISPONIBILIDADE DO SISTEMA ESTUDADO

No caso do sistema de energia crítica conforme detalhado no presente trabalho de conclusão de curso, será almejado chegar o mais próximo possível de 100% de confiabilidade do sistema, porém jamais será atingido tal valor, sendo assim a ideia será buscar aumentar o valor cada vez mais. Para o cálculo de disponibilidade deve-se portanto aumentar ao máximo o tempo médio entre falhas, e para isto, considerar o tempo médio de cada componente (unidade retificadora,

baterias, usca, etc). Deve-se ressaltar a importância de cada componente no circuito e a evolução do índice de disponibilidade conforme a inclusão de equipamento a equipamento, pois como citado anteriormente, cada participante do sistema interfere no cálculo, e conforme é incluído um equipamento na rede com o intuito de aumentar a confiabilidade do sistema, maior será o índice de disponibilidade. Parece pertinente pois quando inclui certa redundância na rede, terá sempre um “circuito ou equipamento reserva” e isto faz com que o sistema possua maior disponibilidade pois estaria afetando diretamente o tempo médio entre falhas.

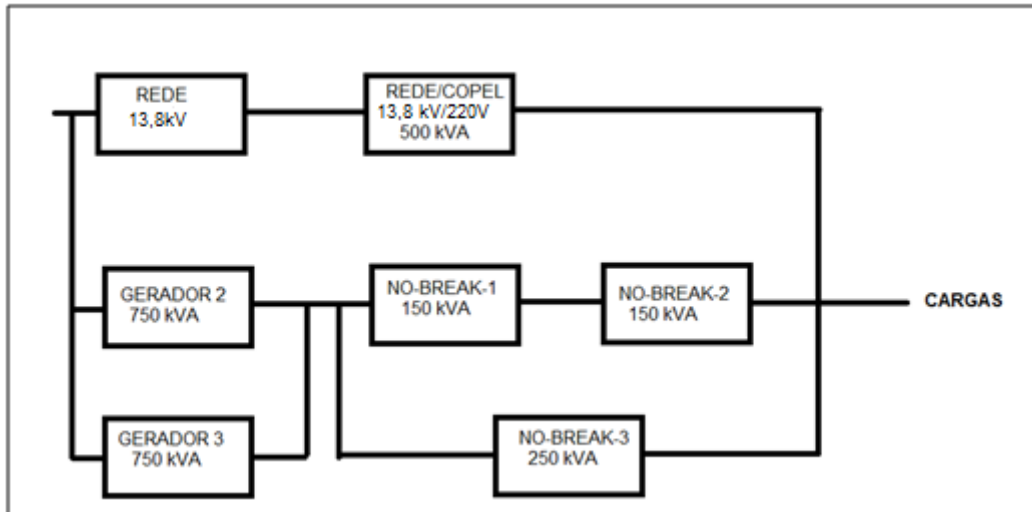
No caso específico do sistema da COPEL, ele é bastante detalhado e com redundância, ou seja, possui valor percentual elevado (serão detalhados os cálculos projetados posteriormente). Apesar do índice de disponibilidade ser relativamente alto, sugere-se a implantação e interligação de mais um transformador de 500 kVA na COPEL do Mossunguê para completar a redundância do sistema, pois atualmente se ocorrer uma falha no transformador, o sistema irá desligar e o tempo para ligar poderá comprometer a disponibilidade do sistema. Sendo assim, visando uma melhoria do sistema e aumento da disponibilidade, a ideia será sugerir a implantação desta sugestão. Para melhor ilustrar será projetado o índice de disponibilidade com o transformador inicialmente e depois com a inclusão do transformador em paralelo redundante. Será verificado e analisado a diferença entre um e outro, e o possível aumento do índice.

### 3.8.1 Cálculo de Disponibilidade do Sistema Atual

A partir dos cálculos de confiabilidade da planta da COPEL Mossunguê (ANEXO A) será proposto uma melhoria para aumentar a confiabilidade do sistema, verificando a viabilidade de implementação com uma análise de retorno.

Serão calculadas as taxas de falhas de cada equipamento para poder calcular o MTBF do sistema, sendo necessário dividir em blocos para calcular a confiabilidade do sistema atual.

Verificando o sistema do ANEXO A pode-se definir o diagrama de interligação da figura 24 para o início do cálculo.



**FIGURA 24 – Diagrama de interligação sistema atual**  
**Fonte: AUTORIA PRÓPRIA.**

O MTBF de cada equipamento é conseguido através dos manuais dos fabricantes (disponível nos manuais dos equipamentos presentes na COPEL), assim pode-se calcular a taxa de falha de cada equipamento com a fórmula:

$$(1) \text{ MTBF} = 1 / \lambda$$

(O valor da taxa será transformado para falhas por ano, tendo que multiplicar o valor por 24h e 365 dias).

Assim cada equipamento vai possuir a seguinte taxa de falha:

$$\text{MTBF Rede convencional} = 100.000\text{h}$$

$$\text{MTBF RC} = 1/\lambda$$

$$\lambda \text{ RC} = 1/100.000$$

$$\lambda \text{ RC} = 1 \times 10^{-5}\text{h}$$

$$\lambda \text{ RC} = 1 \times 10^{-5}\text{h} \times 24\text{h} \times 365 \text{ dias}$$

$$\lambda \text{ RC} = 0,0876$$

$$\text{MTBF Grupo Gerador} = 225.000\text{h}$$

$$\text{MTBF GG} = 1/\lambda$$

$$\lambda \text{ GG} = 1/225.000$$

$$\lambda \text{ GG} = 4,444444 \times 10^{-6}/\text{h}$$

$$\lambda \text{ GG} = 4,444444 \times 10^{-6}/\text{h} \times 24\text{h} \times 365 \text{ dias}$$

$$\lambda \text{ GG} = 0,0389$$

(Os grupos geradores possuem a mesma taxa de falha, sendo assim  $\lambda_{GG2} = \lambda_{GG3}$ )

MTBF Transformador = 40.000h

MTBF Tr. =  $1/\lambda$

$\lambda_{Tr.} = 1/40.000$

$\lambda_{Tr.} = 2,5 \times 10^{-5}/h$

$\lambda_{Tr.} = 2,5 \times 10^{-5}/h \times 24h \times 365 \text{ dias}$

$\lambda_{Tr.} = 0,219$

MTBF *No-break* = 240.000h (MTBF dos *No-break*'s de 150 kVA e 250kVA são iguais:

MTBF NB =  $1/\lambda$

$\lambda_{NB} = 1/240.000$

$\lambda_{NB} = 4,166667 \times 10^{-6}/h$

$\lambda_{NB} = 4,166667 \times 10^{-6}/h \times 24h \times 365 \text{ dias}$

$\lambda_{NB} = 0,0365$

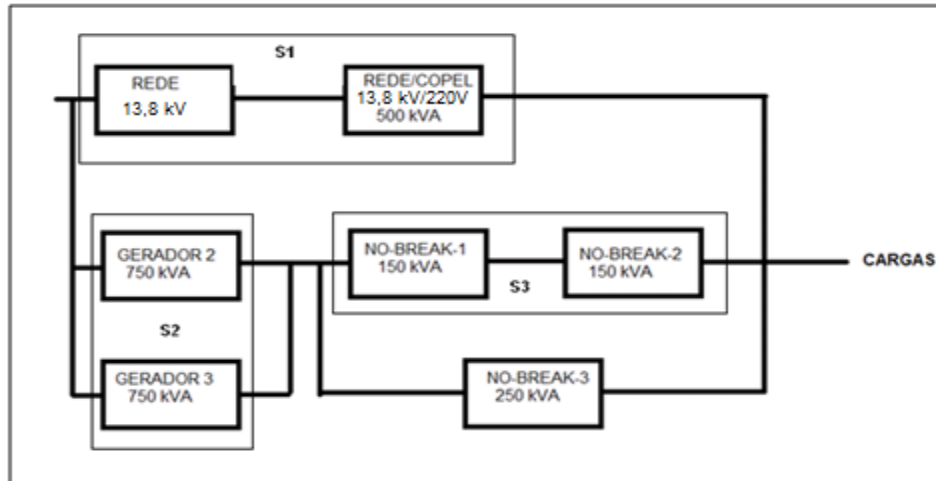
(Os *No-break*'s possuem a mesma taxa de falha, sendo assim  $\lambda_{NB1} = \lambda_{NB2} = \lambda_{NB3}$ )

Com a taxa de falha de cada equipamento pode-se calcular a taxa de falha do sistema conforme as equações, segundo Fernandes (2012, p.40):

(2) Sistema em paralelo:  $\lambda = \lambda_1 \times \lambda_2$

(3) Sistema série:  $\lambda = 1 - (1 - \lambda_1)(1 - \lambda_2)$

Os cálculos serão realizados por partes, dividindo em sistema (S) conforme a figura 25.



**FIGURA 25 – Diagrama de interligação dividido em sistemas (S)**

**Fonte: AUTORIA PRÓPRIA.**

$$\lambda S1 = 1 - (1 - \lambda RC) \cdot (1 - \lambda Tr.)$$

$$\lambda S1 = 1 - (1 - 0,0876) \cdot (1 - 0,219)$$

$$\lambda S1 = 0,28741$$

$$\lambda S2 = (\lambda GG2) \cdot (\lambda GG3)$$

$$\lambda S2 = (0,0389) \cdot (0,0389)$$

$$\lambda S2 = 0,00151321$$

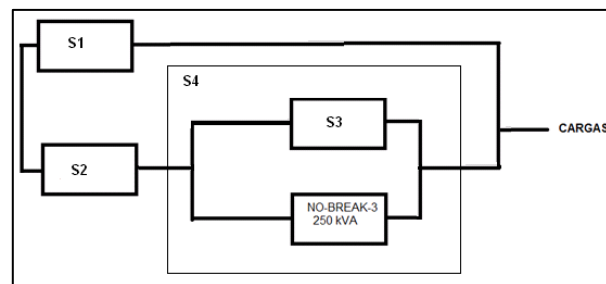
$$\lambda S3 = 1 - (1 - \lambda NB1) \cdot (1 - \lambda NB2)$$

$$\lambda S3 = 1 - (1 - 0,0365) \cdot (1 - 0,0365)$$

$$\lambda S3 = 0,00266645$$

Após realizar esses cálculos pode-se simplificar o circuito conforme a figura

26.



**FIGURA 26 – Diagrama de interligação simplificado A**

**FONTE: AUTORIA PRÓPRIA.**

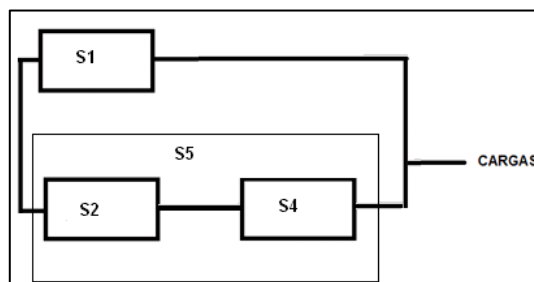
Em seguida serão calculadas as taxas de falha do diagrama de interligação simplificado A.

$$\lambda S4 = (\lambda S3) \cdot (\lambda NB3)$$

$$\lambda S4 = (0,073) \cdot (0,0365)$$

$$\lambda S4 = 0,0026645$$

Após calcular a taxa de falhas  $\lambda S4$  podemos simplificar o circuito conforme a figura 27.



**FIGURA 27 – Diagrama de interligação simplificado B**

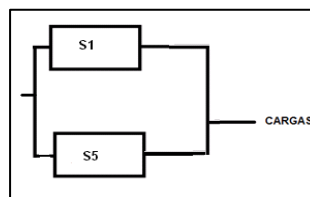
**FONTE: AUTORIA PRÓPRIA**

$$\lambda S5 = 1 - (1 - \lambda S2) \cdot (1 - \lambda S4)$$

$$\lambda S5 = 1 - (1 - 0,00151321) \cdot (1 - 0,0026645)$$

$$\lambda S5 = 0,00417368$$

A figura 28 mostra o diagrama simplificado final que resultara na taxa de falha final do sistema.



**FIGURA 28 – Diagrama de interligação simplificado C**

**FONTE: AUTORIA PRÓPRIA.**

$$\lambda \text{ Sistema } 1 = (\lambda S1) \times (\lambda S5)$$

$$\lambda \text{ Sistema } = (0,28741) \cdot (0,00417368)$$

$$\lambda \text{ Sistema } = 0,001199557$$

A confiabilidade é calculada com base na taxa de falhas por ano e no tempo de serviço esperado.

$$C = e^{-\lambda t}$$

Onde: C é a Confiabilidade;

$\lambda$  é a taxa de falhas por ano;

t é o número de anos considerado.

Assim no período de um ano terá a seguinte confiabilidade:

$$C = e^{-\lambda t}$$

Onde: C1= Confiabilidade do sistema atual

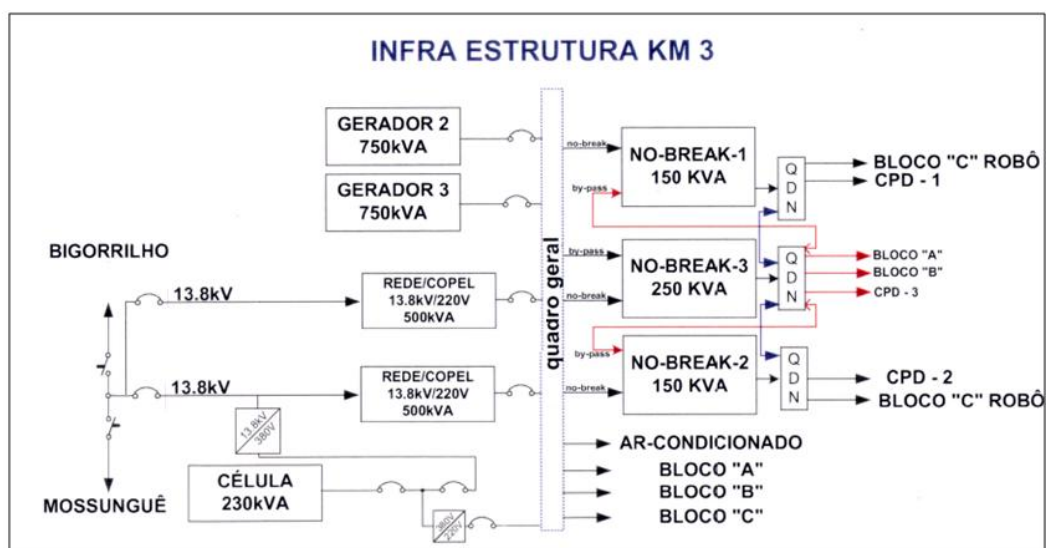
$$C1 = e^{-0,0012 \times 1}$$

$$C1 = 0.9988 \times 100$$

$$C1 = 99,88\%$$

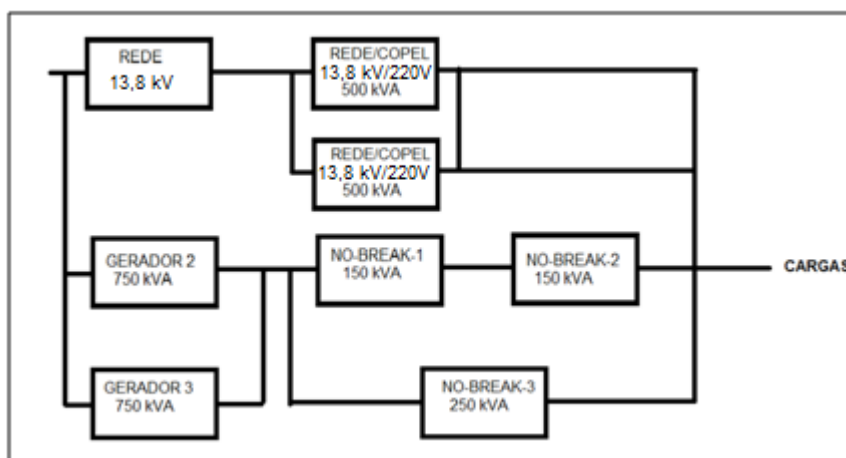
### 3.8.2 Cálculo de Disponibilidade do Sistema Proposto

Para aumentar a confiabilidade do sistema esta sendo proposta a instalação de mais um transformador para instalação em redundância com o já existente no sistema, conforme a Figura 29.



**FIGURA 29 – Infra Estrutura Km 3 implementação de um transformador  
FONTE: ALTERAÇÃO FEITA SOBRE O ANEXO "A".**

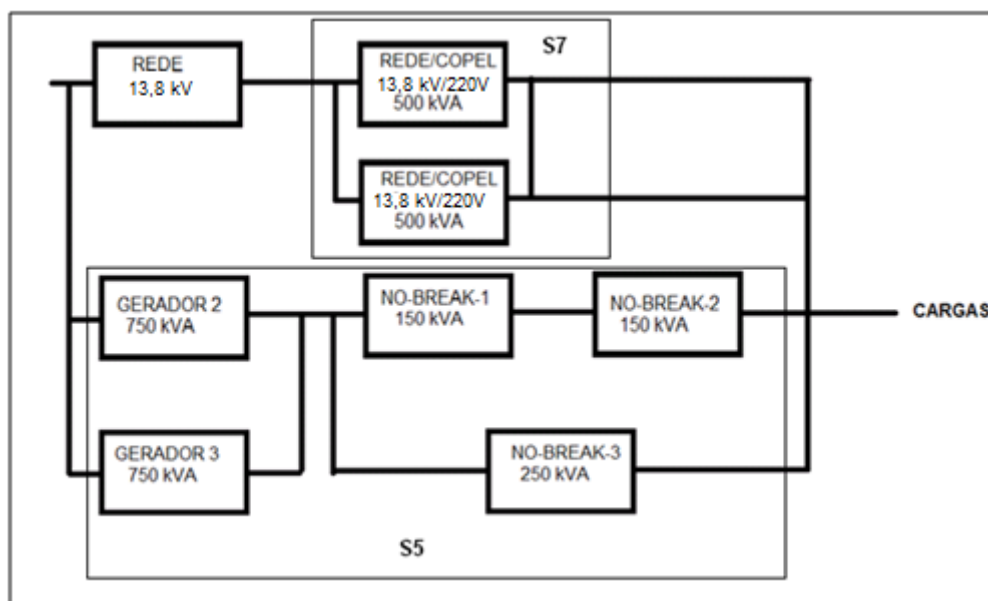
A partir da figura 24 pode-se definir o novo diagrama de interligação com a implementação de mais um transformador conforme a figura 30.



**FIGURA 30 – Diagrama de interligação 2 transformadores**

Fonte: AUTORIA PRÓPRIA.

Utilizando os cálculos de taxa de falha do sistema sem a implementação do transformador, pode-se simplificar o circuito conforme a Figura 31.



**FIGURA 31 – Diagrama de interligação 2 transformadores simplificado A**

Fonte: AUTORIA PRÓPRIA.

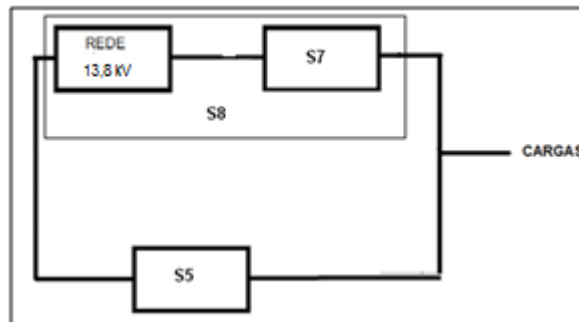
$$\lambda S7 = (\lambda Tr.1) \cdot (\lambda Tr.2)$$

$$\lambda S7 = (0,219) \cdot (0,219)$$

$$\lambda S7 = 0,047961$$



Calculando a taxa de falha S7 pode-se simplificar o circuito conforme a figura 32.



**FIGURA 32 – Diagrama de interligação 2 transformadores simplificado B**

Fonte: AUTORIA PRÓPRIA.

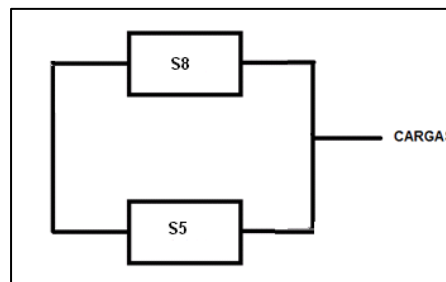
$$\lambda_{S8} = 1 - (1 - \lambda_{RC}) \cdot (1 - \lambda_{S7})$$

$$\lambda_{S8} = 1 - (1 - 0,0876) \cdot (1 - 0,047961)$$

$$\lambda_{S8} = 1 - (0,9124) \cdot (0,952039)$$

$$\lambda_{S8} = 0,1313596$$

Calculando a taxa de falha S8 pode-se simplificar o circuito conforme a figura 33, que resultará na taxa de falha final do sistema com implementação de outro transformador.



**FIGURA 33 – Diagrama de interligação 2 transformadores simplificado C**

Fonte: AUTORIA PRÓPRIA

$$\lambda_{\text{Sistema 2}} = (\lambda_{S5}) \cdot (\lambda_{S8})$$

$$\lambda_{\text{Sistema 2}} = (0,00417368) \cdot (0,1313596)$$

$$\lambda_{\text{Sistema 2}} = 0,00054825$$

A confiabilidade é calculada com base na taxa de falhas por ano e no tempo de serviço esperado:

$$C = e^{-\lambda t}$$

Onde: C2= Confiabilidade do sistema proposto

$$C2 = e^{-0.00055 \times 1}$$

$$C2 = 0,99945 \times 100$$

$$C2 = 99,94\%$$

### 3.8.3 Análise da Confiabilidade do Sistema

Analisando a confiabilidade do sistema atual da planta da COPEL do Mossuguê que é de 99,88 % e comparando-o com a confiabilidade do sistema proposto que é de 99,94 %, pode-se verificar que a proposta de implantação de um novo transformador não aumentou a confiabilidade do sistema consideravelmente, sendo que o sistema UPS utilizado é o grande responsável pelo percentual elevado na confiabilidade do sistema atual. Independente disto, cabe ressaltar que o MTBF utilizado é referente a equipamentos novos. Porém, se ocorrer uma falha no transformador por um período elevado, o sistema funcionará com a autonomia dos bancos de baterias através da UPS somados ao tempo de funcionamento dos Grupos Geradores, gastando combustível e possivelmente dependendo do reabastecimento do tanque caso a falha seja superior a sua autonomia.

Segundo o manual do fabricante, o consumo de combustível do sistema estudado da COPEL do Mossunguê é de 162,8 l/h e o valor médio do litro do diesel é R\$ 2,00, através da fórmula: (4) Valor operação do gerador = consumo (lts/h) X preço do diesel, podemos definir o valor de aproximadamente R\$ 325,00/h. Considerando o valor da tarifa de energia a R\$ 0,2633/kWh, e levando em consideração a potência do transformador de 500kVA e seu fator de potência igual a 1,00, utilizamos a fórmula: (5) Valor operação rede convencional = Potência Transformador (kVA) X Valor kWh, no qual o custo da energia-hora da rede convencional será de R\$131,65/h. Desta forma o custo de energia devido a uma interrupção por falha no transformador é de R\$ 193,35/h.

Por outro lado, estima-se que a instalação de um transformador redundante custe em torno de R\$ 30.000,00 . Sendo assim, serão necessárias 155 horas de

tempo de manutenção no transformador em funcionamento para ter o retorno do investimento de instalação deste transformador. Por fim, deve-se considerar que na planta atual dos equipamentos, a manutenção do transformador só pode ser realizada com o gerador em funcionamento, porém se realizada a inclusão de um transformador redundante conforme proposto, seria possível a transferência rápida de carga para o novo transformador instalado com a ideia de realizar manutenções preventivas ou corretivas do transformador atual.

## 4 CONCLUSÃO

Ao iniciar as pesquisas para o trabalho, existia a preocupação com as cargas críticas que deveriam ser consideradas, e para isto buscou-se estudar e analisar uma forma de integração de tecnologias para sistemas de energia com demandas críticas. Desta forma tentou-se repassar a gravidade que a interrupção de energia poderia trazer em casos extremos, como a falta de energia em um hospital colocando vidas em perigo, por exemplo.

Após a realização de leituras e pesquisas percebeu-se de forma ainda mais acentuada a gravidade do problema de um circuito para cargas críticas (hospitais e universidades, por exemplo), afinal, tal estudo permite perceber a vulnerabilidade do sistema de distribuição de energia elétrica no Brasil e suas possíveis avarias. Diante disto a ideia da realização do presente trabalho foi tentar responder como adotar procedimentos confiáveis na operação e manutenção de sistemas críticos de energia com foco no aumento da confiabilidade do sistema.

Realizado o estudo, passou-se a aprofundar o conhecimento relacionado aos equipamentos (*no-break*, GRUGER, USCA, chaves de transferência, baterias, unidades retificadoras, etc.) criadas para “combater” tal situação, de forma que pudesse ser avaliada a possibilidade de propostas de implantação de um sistema de ininterrupção de energia ainda melhor, pois acreditava-se que através do estudo dos equipamentos supracitados seria possível determinar a maneira de funcionamento eficiente e a integração de um sistema com o objetivo de aumentar a confiabilidade deste por meio de apresentação de topologias de sistemas críticos de energia, descrevendo módulos de cada equipamento e apresentando um estudo de caso com detalhes dos procedimentos de operação e manutenção para cada equipamento do sistema e o respectivo aumento de confiabilidade. Com isto, foi necessário traçar a estratégia para a realização do trabalho: apresentar topologias de sistemas críticos de energia, descrever o funcionamento dos principais equipamentos, explicitar os módulos que os compõem, apresentar as metodologias das manutenções dos equipamentos, realizar estudo de caso, simular a interligação de um sistema de cargas críticas, calcular a confiabilidade do sistema proposto, sugerir melhoria e calcular o custo benefício.

Sendo assim, inicia-se o estudo focado ao sistema de ininterrupção de energia do setor que cuida de todo o banco de dados e da parte de cargas críticas

da Companhia Paranaense de Energia – COPEL do Mossunguê, com o intuito de explorar o conhecimento e a tecnologia ali envolvidos. Neste sentido, foi feito um estudo de caso da COPEL visando trabalhar a dimensão da implantação de um sistema para cargas críticas e possíveis propostas de melhoria.

Ao realizar as diversas pesquisas, simulações e visitas na empresa, foi possível perceber que a integração de tecnologias em sistemas de energia com demandas críticas possui diversas particularidades de acordo com o modelo de cada equipamento, sendo que cada um deles atua de forma singular e cada modelo poderá atingir um resultado diferente.

No caso das simulações promovidas no trabalho, foram feitas com a ideia de ilustrar um sistema básico sem suporte para cargas críticas e outro com a implantação de um sistema preparado para este tipo de carga.

Em seguida foram realizadas as análises detalhadas e cálculos de confiabilidade do atual sistema da COPEL do Mossunguê para que pudesse ser avaliado o índice de confiabilidade atual e possivelmente propôr novas instalações com o intuito de melhorar e aumentar ainda mais estes valores. Ao concluir tais estudos, foi analisado e proposto a instalação de um transformador em redundância no sistema para aumentar a confiabilidade do sistema. Tal proposta inicialmente impacta no aumento do índice de confiabilidade de 99,89% para 99,94%, ou seja, um aumento relativamente baixo, porém a reflexão de que quanto maior é o índice de confiabilidade atual, maior serão as dificuldades para aumentá-lo ainda mais, pareceu-nos mais clara. Independente disto, cabe destacar que interrupções duradouras tendem a forçar a utilização do Grupo Gerador que possui um custo de utilização elevado devido ao consumo de diesel. Neste sentido, a instalação proposta de um novo transformador poderia minimizar possíveis impactos de interrupções decorrentes de problemas no transformador atual, pois com outro transformador em redundância seria possível promover a transferência da carga para o transformador redundante. Além disto, é importante ressaltar que a instalação do equipamento proposto permite a realização de manutenções preventivas e corretivas com maior facilidade. Por intermédio dos cálculos e análises realizados, entende-se que o consumo de diesel de pouco mais de 96 horas de utilização do Grupo Gerador é equivalente à compra do transformador mencionado.

Para embasar os dados anteriormente citados, foi feito um levantamento estatístico das interrupções de energia elétrica da rede da COPEL do Mossunguê

em relação ao sistema estudado, para o ano de 2012 e do 1º semestre de 2013, e constatou-se que os números de interrupções no período e local analisados são expressivos. Entre desligamentos programados e não programados, ocorreram 280 em 2012 e 135 no 1º semestre de 2013, ou seja, não fosse o mega sistema desenvolvido e implantado na empresa, a média de desligamentos seria quase que próxima a 1 por dia, seja por rápidas piscadas na rede ou àquelas mais duradouras em que é necessário que o Grupo Gerador atue.

Quanto aos aspectos financeiros da proposta, vale ressaltar ainda que para a implantação dela pode-se usar os dados dos anos analisados, sendo que como exemplo podemos usar as interrupções do 1º semestre de 2013, que juntas somaram aproximadamente 144 horas no circuito citado, ou seja, se o Grupo Gerador tiver sido acionado por todo o período de falta, seria possível pagar 1,5 transformadores de mesmo modelo do proposta, considerando apenas as interrupções destes seis meses, somente com os gastos e consumo do diesel do gerador no período. Se projetar isto para os dois semestres de 2013, e considerar que os índices de interrupções serão mantidos, tem-se o valor de três transformadores em apenas um ano.

Por fim, ao analisar todo o contexto desde as primeiras consultas e buscas teóricas relacionadas ao conteúdo que o proposto trabalho envolve, a passar pelas simulações realizadas em *softwares* específicos, visitas à empresa envolvida com técnicos e engenheiros especializados no assunto, análise da planta do sistema e presença em ensaios e manutenção e levantamento dos dados de interrupções do circuito, obtém-se a reflexão de proposição de melhoria na confiabilidade do circuito. E a partir dos resultados encontrados, percebe-se a dificuldade no que diz respeito ao aumento da taxa de confiabilidade, e por isto focou-se não somente nela, mas na facilidade de realização de manutenções corretivas e preventivas a partir da proposta, além da redução de custos relacionados a atuação dos GRUGER's. Desta forma acredita-se que a realização e implantação da mesma contribuiria positiva e significativamente.

Pôde-se, portanto, no decorrer do trabalho, agregar conhecimento dos mais simples e teóricos aos mais práticos, percebendo a real complexidade de um sistema de ininterrupção de energia crítica de ponta como o da COPEL, e os valores investidos na implantação e manutenção de um projeto como este. E com isto, no

decorrer dos dias, é possível reduzir o longo caminho entre a teoria recebida em sala de aula e a prática no dia a dia das empresas.

## REFERÊNCIAS

ALMEIDA, Marcio Tadeu. **Manutenção Preditiva: Confiabilidade e Qualidade**. Itajubá – MG, 2000. Disponível em: < >  
Acesso em: 10 de Dez. 2013.

ANNEEL, **Agência Nacional de Energia Elétrica**. 2008. Disponível em:  
[http://www.aneel.gov.br/arquivos/PDF/Modulo8\\_F.pdf](http://www.aneel.gov.br/arquivos/PDF/Modulo8_F.pdf)  
Acesso em: 13 Mar. 2013.

ANEEL, **Atlas**. 2005. Disponível em:  
<http://www.aneel.gov.br/aplicacoes/Atlas/download.htm>  
Acesso em: 10 Fev 2013.

BERVIAN, Pedro Alcino; CERVO, Amado Luiz **Metodologia Científica**. 5. ed. São Paulo: Prentice Hall, 2002.

Confiabilidade – **Sistemas de Energia CC e CA**. São Paulo, SP: Adelco.  
<[http://www.aneel.gov.br/visualizar\\_texto.cfm?idtxt=1621](http://www.aneel.gov.br/visualizar_texto.cfm?idtxt=1621)>  
Acesso em: 03 de Fev. 2014.

DAWES, Chester L. **Curso de Eletrotécnica 13. ed. Primeiro volume**. Porto Alegre, 1976.

DIAS, Wanderson Roger Azevedo et al. **Acionamento de grupos geradores através de FPGAs**. Centro Universitário Luterano de Ji-Paraná, Rondônia, 2004. Disponível em:  
<[http://200.169.53.89/download/CD%20congressos/2004/Sucesu/artigos\\_cientif/AcionamentoGruposGeradores.pdf](http://200.169.53.89/download/CD%20congressos/2004/Sucesu/artigos_cientif/AcionamentoGruposGeradores.pdf)>.  
Acesso em: 20 de mar. 2011.

FERNANDES, João Cândido. **Manutenções e Lubrificações de Equipamentos**. Bauru. 2010. Disponível em:  
<[http://www.feb.unesp.br/jcandido/manutencao/Grupo\\_6.pdf](http://www.feb.unesp.br/jcandido/manutencao/Grupo_6.pdf)>  
Acesso em: 12 de Set. 2013.

FERNANDES, João Mario. **Manutenção Centrada em Confiabilidade**. Paraná. 2012. Disponível em:  
< <http://pessoal.utfpr.edu.br/jmario/arquivos/AULA%20CONFIABILIDADE.pdf>>  
Acesso em: 05 de Mar. 2014.

FERREIRA, C.K.L . Privatização do Setor Elétrico no Brasil. In: Armando Castelar Pinheiro, Kiichiro Fukasaku. **A Privatização no Brasil: o caso dos serviços de utilidade pública**. Rio de Janeiro: BNDES, 2000. 370 p. 178-220.

FIGUEIRA, Antonio. **Sistemas no-breaks estáticos**. antena Edições Técnicas Ltda. Rio de Janeiro, 2005.



FRAGOSO, Cecil M. **Transformadores Teoria e projeto**. Disponível em:  
<<http://eletronicaifpb.6te.net/files/Transformadores.pdf>>  
Acesso em: 03 de Fev. 2014.

GONÇALVES, F. D. **Respostas de Sistemas Ininterruptos de Energia frente a fenômenos de Qualidade de Energia**. Dissertação de Mestrado em Engenharia Elétrica, Publicação PPGENE.DM-352A/08, Departamento de Engenharia Elétrica, Universidade de Brasília. Brasília, DF, 2008.

HELDWEIN, Marcelo Lobo. **Unidade Retificadora Trifásica de Alta Potência e Alto Desempenho para Aplicação em Centrais de Telecomunicações**. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 1999.

*History Television Networks Productions* em **Maravilhas Modernas: Baterias**  
Disponível em:  
<<http://www.seuhistory.com/programas/maravilhas-modernas.html>>.  
Acesso em 18 nov. 2012.

JUNIOR, Euzeli C. Dos Santos; SOUSA, Raphael M. **Estudo Comparativo Entre Topologias de Conversores Estáticos CA-CC Com Redução de Componentes**. Centro Federal de Educação Tecnológica da Paraíba. João Pessoa, 2007.  
Disponível em:  
<[http://www.redenet.edu.br/publicacoes/arquivos/20080107\\_092546\\_INDU-039.pdf](http://www.redenet.edu.br/publicacoes/arquivos/20080107_092546_INDU-039.pdf)>  
Acesso em 13 abr. 2013.

KARDEC, Alan; NASCIF, Júlio. **Manutenção: Função estratégica**. 2. ed. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2007.

KARDEC, ALAN; LAFRAIA, JOÃO R. **Gestão estratégica e confiabilidade**. Rio de Janeiro, RJ: Qualitymark: ABRAMAN, 2002.  
LAKATOS, Marconi **Metodologia Científica**. 2. ed. São Paulo: Atlas, 1994.

MARTINS, Alexandre Saccol; GABIATTI, Gerson; BONAN, Guilherme. **Nobreak's Topologias Principais**. Porto Alegre - RS, 2008. Disponível em:  
<[http://www.cp.com.br/upl/artigo\\_1.pdf](http://www.cp.com.br/upl/artigo_1.pdf)>  
Acesso em: 13 Jul. 2013.

MORO; AURAS, 2007. **Análise de Gestão de Manutenção Industrial da Innova S.A.: Um estudo de caso**. Canoas, 2011. Disponível em:  
<<http://pt.scribd.com/doc/163446606/Eng-Pe-2011016>>  
Acesso em: 12 Ago. 2013.

NOLL, V.; VILLACA. M. **Fontes de Alimentação Primárias**. Centro Federal de Educação Tecnológica de Santa Catarina. Disponível em:  
<[http://www.cefetsc.edu.br/~mussoi/conversores\\_estaticos\\_arquivos/BATERIAS.pdf](http://www.cefetsc.edu.br/~mussoi/conversores_estaticos_arquivos/BATERIAS.pdf)>.  
Acesso em: 01 mai. 2008.

OLIVEIRA, Adilson. **Crise na Confiabilidade do Setor Elétrico**. Valor Econômico. Rio de Janeiro. 2013. Disponível em:  
<[http://www.eletrosul.gov.br/gdi/gdi/cl\\_pesquisa.php?pg=cl\\_abre&cd=ikjhbh7:BTijk](http://www.eletrosul.gov.br/gdi/gdi/cl_pesquisa.php?pg=cl_abre&cd=ikjhbh7:BTijk)>  
Acesso em: 12 Jun. 2013.

PEREIRA, José Claudio. **Motores e Geradores**. 2009. Disponível em:  
<<http://www.joseclaudio.eng.br/geradores/PDF/diesel1.pdf> >  
Acesso em: 25 Jul. 2013.

PEREIRA, José Claudio. **Chaves de transferência automática**. 2009. Disponível em: <<http://www.joseclaudio.eng.br/geradores/PDF/ATS2.pdf>>  
Acesso em: 25 Jul. 2013.

POMILIO, José Antenor. **Conversores cc-ca: inversores operando em frequência constante**. 2008. Disponível em:  
<<http://www.dsce.fee.unicamp.br/~antenor/pdf/ee833/Modulo6.pdf28>>  
Acesso em: 28 Ago. 2013.

SILVA, Edna Lúcia da; MENEZES, Estera Muszkat, **Metodologia da Pesquisa e Elaboração de Dissertação**. Florianópolis, 2001. 121 p. Disponível em:<<http://projetos.inf.ufsc.br/arquivos/Metodologia%20da%20Pesquisa%203a%20edicao.pdf>>. Acesso em: 10 fev. 2011.

SILVA, A. Ferreira da; BARRADAS, O. Cesar Machado. **Telecomunicações: Sistemas de energia**. Rio de Janeiro: Livros técnicos e científicos, 1980.

SOARES, Gabriel Gutierrez. **Transformadores**. 2010. Disponível em:  
<<http://www.trabalhosfeitos.com/ensaios/Transformadores/31536196.html>>  
Acesso em: 19 de Set. 2013.

SOUZA, Denise Cascão Poli. **Falhas e Defeitos Ocorridos em Transformadores de Potência do Sistema Elétrico da CELG, nos Últimos 28 anos: Um Estudo de Caso**. Goiânia. 2008. Disponível em:  
<[http://www.eeec.ufg.br/~cacilda/site\\_CELGD\\_030/artigos\\_pdf/Dissertacao\\_Final\\_DPCS\\_23\\_10\\_08.pdf](http://www.eeec.ufg.br/~cacilda/site_CELGD_030/artigos_pdf/Dissertacao_Final_DPCS_23_10_08.pdf)>  
Acesso em: 03 de Fev. 2014.

TOSSI, Luís. **Utilização de UPS Estáticos e Seus Impactos na Rede Elétrica**. Eletricidade Moderna. Ano 38 Número 428. São Paulo. 2009

TOSSI, Luis. **Condicionamento de Energia**. 2010. Disponível em:  
<[http://www.osetoreletrico.com.br/web/documentos/fasciculos/Ed62\\_fasc\\_condicionamento\\_capIII.pdf](http://www.osetoreletrico.com.br/web/documentos/fasciculos/Ed62_fasc_condicionamento_capIII.pdf)>  
Acesso em: 11 de Dez. 2013.

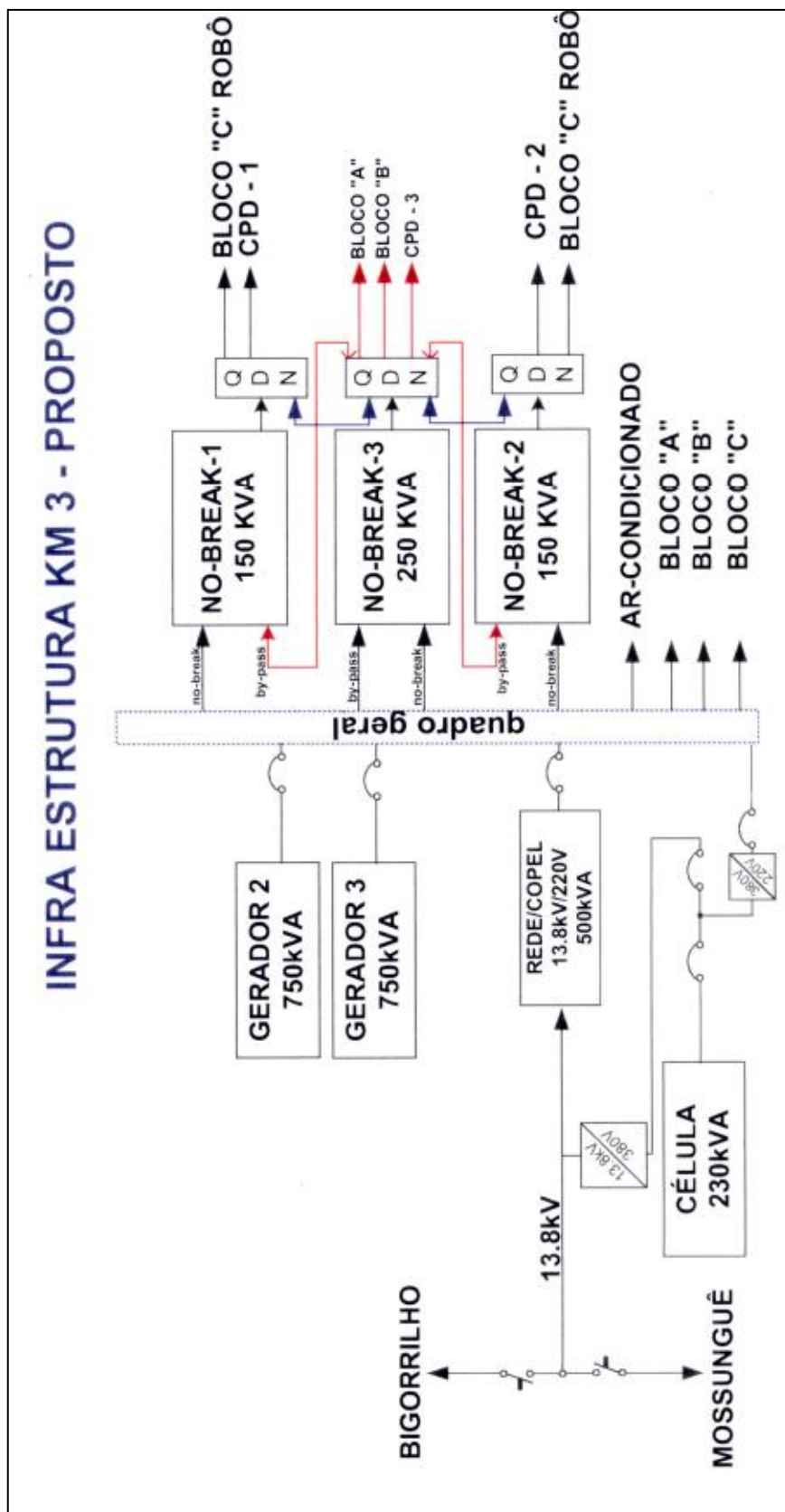
WEG, **Manual da Unidade Retificadora**, Série UR11, Jaraguá do Sul, 2007. Disponível em:  
<<http://ecatalog.weg.net/files/wegnet/WEG-cfw-11m-unidade-retificadora-ur11-10000862046-manual-portugues-br.pdf>>  
Acesso em 16 mar. 2013.

WOTECOSKI, Antonio. **Confiabilidade aplicada a sistemas críticos de alimentação elétrica** – Abandono do sistema tradicional. Paraná, 2007. Disponível em: <[http://www.4shared.com/get/cO45Y7P7/Confiabilidade-Sistemas\\_Crtico.html](http://www.4shared.com/get/cO45Y7P7/Confiabilidade-Sistemas_Crtico.html)>. Acesso em: 23 fev. 2011.

WOTECOSKI, Antonio. **Confiabilidade Aplicada a Sistemas Críticos de Alimentação Elétrica. Aumento da Disponibilidade Aplicada e Abandono no Sistema**. 2006. Disponível em: <<http://www.abraman.org.br/Arquivos/119/119.pdf>> Acesso em: 10 de Dez. 2013.

**ANEXOS**

ANEXO A – Infraestrutura proposta Km 3



## ANEXO B – Planilha de Manutenção Preventiva 1

## PLANILHA DE MANUTENÇÃO PREVENTIVA

EMPRESA / USUÁRIO FINAL:	<b>COPEL KM3 Data Center</b>	<b>GRUGER</b> <b>01</b> 750kVA
MODELO do GERADOR:	Caterpillar C18 ACERT 750kVA	
DATA da INSTALAÇÃO:	23/08/11	
NÚMERO DO PATRIMÔNIO:	17871	
NÚMERO de SÉRIE:	CAT00000CN1D00248	
CIDADE:	Curitiba	

## CHECK-LIST DE INSPEÇÃO SEMANAL (COM O GRUGER DESLIGADO)

<b>ATIVIDADES COM GRUGER DESLIGADO</b>	1º	2º	3º	4º	5º
Inspeção Visual do Gerador (Poeira, Vazamento de Líquidos, Peças Soltas)	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok
Verificação do Nível de Fluido do Arrefecedor (Deve estar no nível recomendado)	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok
Verificação do Nível de Óleo do Carter (Nível entre ADD e FULL)	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok
Inspeção do Condutor do Gerador (Cabos de ligação do GRUGER ao Disjuntor)	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok
Verificação do Separador de Água (Drenar se for necessário)	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok
Verificação do Funcionamento do Carregador de Baterias	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok
Verificar o funcionamento do Aquecedor de Água da Camisa (Toque)	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok
Realizar Drenagem de Água e Sedimentos do Tanque de Combustível	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok
Medir e Anotar Neste Campo a Tensão das Baterias (Antes da Partida) (V)	27,4	27,3	27,3	27,4	27,3
Medir e Anotar Neste Campo a Temperatura da Água do Coletor (°C)	40	41	43	43	42

## CHECK-LIST DE INSPEÇÃO SEMANAL (COM O GRUGER LIGADO)

<b>ATIVIDADES COM GRUGER LIGADO</b>	1º	2º	3º	4º	5º
Partida do Gerador (Sem carga máximo 10 min. Com carga no mínimo 30 min.)	Ok	-	Ok	-	Ok
Inspeção do Painel de Instrumentos do GRUGER	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok
Inspeção do Retificador Giratório Observando a Variação de Tensão de Saída	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok
Potência Total de Saída (kW)	108	103	102	108	106
Potência Total de Saída (kVA)	145	106	110	113	112
Fator de Potência da Saída	0,88	0,95	0,90	0,94	0,94
Frequência de Saída (Hz)	60	60,0	60	60	60
Tensão da Fase "R" em relação ao neutro (V)	128	128	127	128	128
Tensão da Fase "S" em relação ao neutro (V)	129	128	127	128	128
Tensão da Fase "T" em relação ao neutro (V)	129	128	127	128	123
Corrente da Fase "R" (A)	367	254	286	278	284
Corrente da Fase "S" (A)	380	269	293	285	297
Corrente da Fase "T" (A)	371	261	290	288	287
Potência de Saída Fase "R" (kW)	33	33	33	34	34
Potência de Saída Fase "S" (kW)	35	34	34	35	36
Potência de Saída Fase "T" (kW)	33	33	33	35	36
Potência de Saída Fase "R" (kVA)	47	33	35	36	37
Potência de Saída Fase "S" (kVA)	49	35	37	38	38
Potência de Saída Fase "T" (kVA)	48	34	36	37	37
Temperatura de Arrefecimento do GRUGER (°C)	87	87	88	87	88
Temperatura do Coletor de Admissão (°C)	30	30	31	27	32
Temperatura do Combustível (°C)	26	18	26	35	27
Tensão da Bateria do GRUGER (V)	27,2	27,2	27,2	27,2	27,2
Horas de Funcionamento do GRUGER	72,9	73,4	74,1	77	77,5
Nível de Diesel no Tanque de Combustível (l)	430	420		290	270

	<b>1º Semana</b>	<b>2º Semana</b>	<b>3º Semana</b>	<b>4º Semana</b>	<b>5º Semana</b>
DATA:	25/05/2013	07/06.2013	14/06/2013	22/06/2013	28/06/2013
HORÁRIO DE INÍCIO:	15h30	10h20 min	15h40	8h00 min	15h30 min
HORÁRIO TÉRMINO: DO	17h30 min	10h56 min	16		16h00min
TÉCNICO:	Mauricio	Gilberto	João Carlos	Gilberto	Mauricio
OBSERVAÇÕES:	Ok				Ok



## ANEXO C – Planilha de Manutenção Preventiva 2

## PLANILHA DE MANUTENÇÃO PREVENTIVA

<b>EMPRESA / USUÁRIO FINAL:</b>	<b>COPEL / STL - CPD - P.</b>	<b>UPS - 21</b> <b>125kVA</b> <b>Banco A</b>
<b>MODELO DAS BATERIAS:</b>	UNICOBA 12V 200Ah	
<b>DATA DA INSTALAÇÃO BATERIAS:</b>	14/12/12	
<b>MODELO DO UPS:</b>	TOP DSP 1250	
<b>DATA DA INSTALAÇÃO UPS:</b>	14/12/12	
<b>NÚMERO DO PATRIMÔNIO UPS:</b>	-	
<b>NÚMERO de SÉRIE UPS:</b>	1215063	
<b>CIDADE:</b>	Curitiba	

## MEDIÇÃO das TENSÕES das BATERIAS

<b>01</b>	<b>02</b>	<b>03</b>	<b>04</b>	<b>05</b>	<b>06</b>	<b>07</b>
13,54	13,55	13,50	13,50	13,56	13,54	13,54
12,48	12,48	12,42	12,41	12,47	12,46	12,40
<b>08</b>	<b>09</b>	<b>10</b>	<b>11</b>	<b>12</b>	<b>13</b>	<b>14</b>
13,50	13,51	13,49	13,51	13,52	13,50	13,50
12,44	12,43	12,41	12,43	12,43	12,41	12,43
<b>15</b>	<b>16</b>	<b>17</b>	<b>18</b>	<b>19</b>	<b>20</b>	<b>21</b>
13,48	13,48	13,46	13,48	13,46	13,47	13,49
12,41	12,43	12,42	12,44	12,43	12,41	12,43
<b>22</b>	<b>23</b>	<b>24</b>	<b>25</b>	<b>26</b>	<b>27</b>	<b>28</b>
13,47	13,39	13,45	13,45	13,47	13,49	13,46
12,42	12,43	12,41	12,41	12,44	12,45	12,45

## BANCO de BATERIAS

<b>Tensão de FLUTUAÇÃO</b>	<b>Corrente de DESCARGA</b>	<b>Corrente de CARGA</b>	<b>Horário da DESCARGA</b>	<b>Tempo de DESCARGA</b>	<b>Inspeção Visual do BANCO</b>
375,0	57,9	12,4	9h46/10h33	37 min	Ok

## TENSÃO de ENTRADA (REDE)

FASE "R"	FASE "S"	FASE "T"	FASES "RS"	FASES "ST"	FASES "RT"
123,3	124,5	124,4	214,6	214,5	213,9

TENSÃO de SAÍDA (NO BREAK)

FASE "R"	FASE "S"	FASE "T"	FASES "RS"	FASES "ST"	FASES "RT"
127,3	127,6	126,8	220,7	220,0	219,2

TENSÃO da REDE ALTERNATIVA (Gerador)

FASE "R"	FASE "S"	FASE "T"	FASES "RS"	FASES "ST"	FASES "RT"

DIFERENÇA de TENSÃO entre o INVERSOR / REDE ALTERNATIVA (SINCRONISMO)

	FASE "R"	FASE "S"	FASE "T"
<b>Rede</b>			
<b>Gerador</b>			

CORRENTE de ENTRADA (REDE)

FASE "R"	FASE "S"	FASE "T"
59,2	57,7	60,3

CORRENTE de SAÍDA (NO BREAK)

FASE "R"	FASE "S"	FASE "T"
38,1	38,6	50,0

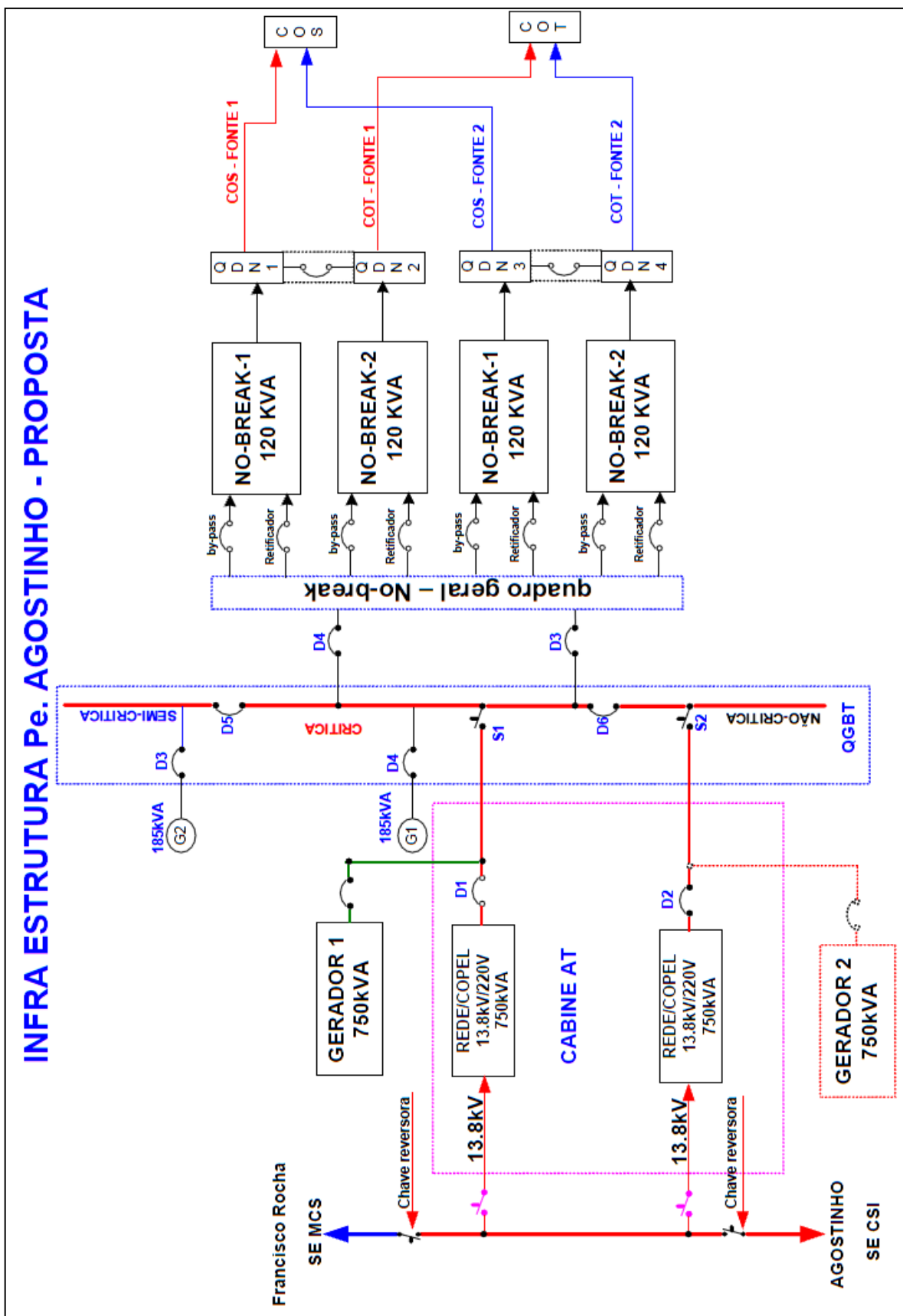
CORRENTE de CAPACITORES

FASE "R"	FASE "S"	FASE "T"

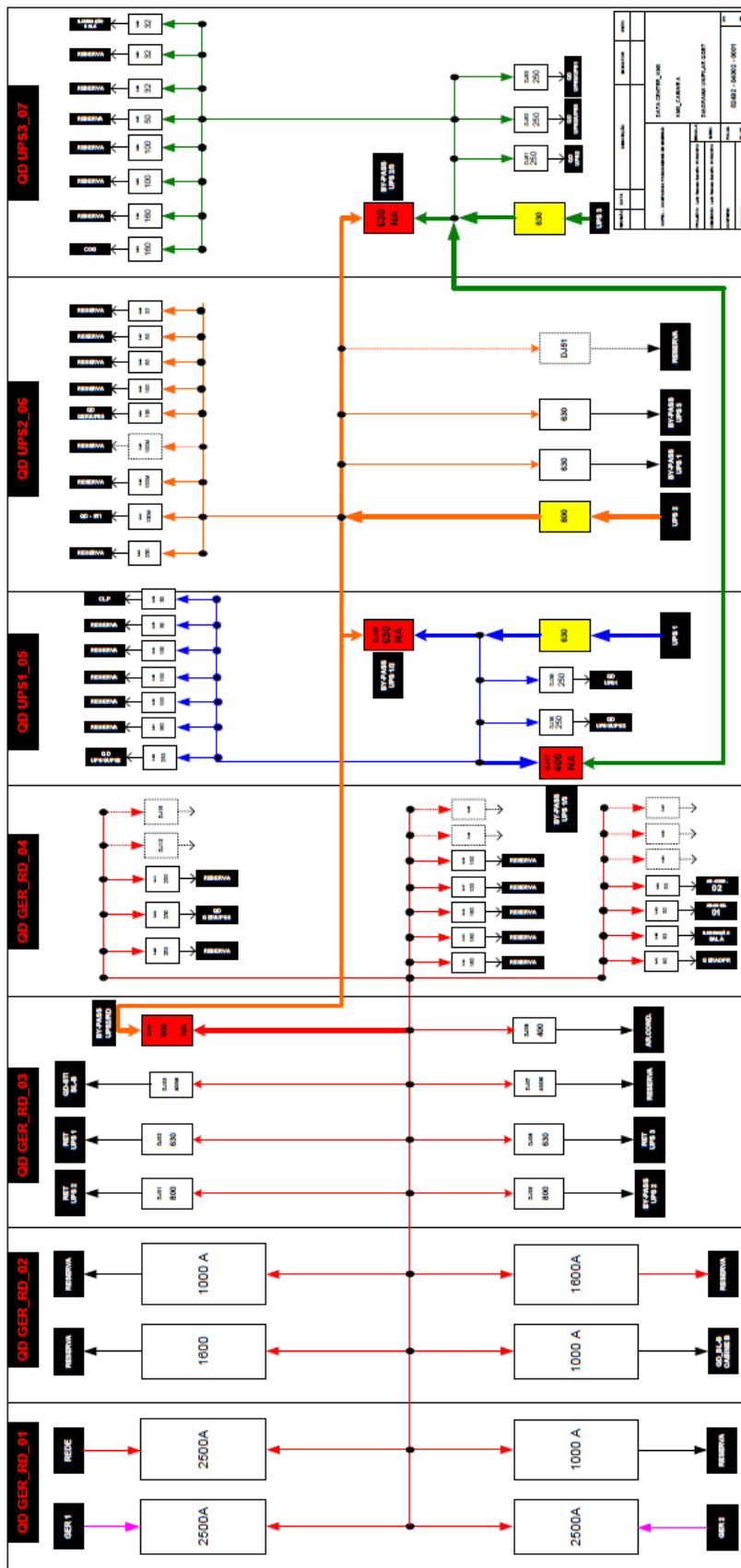
OBSERVAÇÕES / ANOTAÇÕES

<b>TEMPERATURA AMBIENTE:</b>	Ok
<b>DATA:</b>	17/08/2013
<b>HORÁRIO DE INÍCIO:</b>	8h00min
<b>HORÁRIO DO TÉRMINO:</b>	
<b>TÉCNICO:</b>	Gilberto / Renato / Mauricio

ANEXO D – Infraestrutura Proposta Padre Agostinho



ANEXO E – Diagrama Unifilar QGBT\_QD UPS Cabine



## ANEXO F – Banco de Baterias COPEL Pd. Agostinho



## ANEXO G – Banco de Baterias COPEL Mossunguê



## ANEXO H – GRUGER COPEL Pd. Agostinho

