

**FUNDAÇÃO OSWALDO ARANHA  
CENTRO UNIVERSITÁRIO DE VOLTA REDONDA  
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA ELÉTRICA  
TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

**BRENNO GOMES ARES DOS SANTOS  
ISADORA ALVES RAYMUNDO  
MATEUS SOARES FERREIRA**

**CONFIABILIDADE ENERGÉTICA EM AMBIENTE HOSPITALAR POR  
MEIO DO PARALELISMO ENTRE GRUPO DE GERADORES**

**VOLTA REDONDA  
2020**

**FUNDAÇÃO OSWALDO ARANHA**  
**CENTRO UNIVERSITÁRIO DE VOLTA REDONDA**  
**CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA ELÉTRICA**  
**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

**CONFIABILIDADE ENERGÉTICA EM AMBIENTE HOSPITALAR POR  
MEIO DO PARALELISMO ENTRE GRUPO DE GERADORES**

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Elétrica do UniFOA como requisito à obtenção do título de bacharel em Engenharia Elétrica.

Alunos:

Brenno Gomes Ares dos Santos

Isadora Alves Raymundo

Mateus Soares Ferreira

Orientador:

Prof. M. Sc. Claudio Marcio de Freitas da Silva

Coorientador:

Prof. Esp. Bruno Moreira da Silva

**VOLTA REDONDA**

**2020**

## **FOLHA DE APROVAÇÃO**

Alunos:

Brenno Gomes Ares dos Santos

Isadora Alves Raymundo

Mateus Soares Ferreira

## **CONFIABILIDADE ENERGÉTICA EM AMBIENTE HOSPITALAR POR MEIO DO PARALELISMO ENTRE GRUPO DE GERADORES**

Orientador:

Prof. M.Sc. Cláudio Márcio de Freitas da Silva

Banca Examinadora:

---

Prof. M. Sc. Cláudio Márcio de Freitas da Silva

---

Prof. D. Sc. Hélio de Paiva Amorim Júnior

---

Prof. M. Sc. Edson de Paula Carvalho

“Não creio que haja uma emoção, mais intensa para um inventor do que ver suas criações funcionando. Essa emoção faz você esquecer de comer, de dormir, de tudo.”

Nikola Tesla.

## DEDICATÓRIA

Este trabalho é dedicado antes de tudo a Deus por ter nos amparado em todos os momentos até aqui.

Dedicamos também a todos que nos apoiaram e que de certa forma auxiliaram nossa trajetória.

Aos nossos pais, familiares, amigos, professores que nos incentivaram e ajudaram nessa conquista.

## **AGRADECIMENTOS**

Em primeiro lugar, gostaríamos de agradecer a Deus, porque nos proporcionou saúde e sabedoria para concluirmos esta etapa de nossa vida.

Agradecemos a nossa família, que sempre deram apoio e incentivaram nos momentos mais difíceis.

Somos gratos também ao nosso orientador, visto que sua dedicação e seu incentivo foram importantes durante a realização deste trabalho.

Também queremos agradecer ao Unifoa e a todos os professores do curso que nos proporcionaram a qualidade de ensino e ajuda para a conclusão do projeto.

E por fim, agradecemos aos amigos de classe que convivemos durante todos esses anos da graduação, por nos incentivarem e que de certa forma ajudaram em nossa formação acadêmica e pessoal.

## RESUMO

O trabalho apresentado é um estudo de caso no qual visa demonstrar as vantagens referentes à aplicação do paralelismo entre geradores, ocorrido no hospital Unimed localizado na cidade de Volta Redonda – RJ. Tendo como foco a confiabilidade energética e o consumo de combustível que alimenta as máquinas geradoras. Foi realizada uma comparação do funcionamento das máquinas trabalhando de forma independente e com a implantação do paralelismo. Assim, através de pesquisas, cálculos de consumo de diesel e testes realizados no local da aplicação, foi comprovado que o paralelismo eleva significativamente a confiabilidade do sistema de alimentação de emergência, reduzindo drasticamente a chance de *blackout* energético. Com a aplicação da nova configuração, o sistema passa a reconhecer uma falha pontual de um gerador e obriga as demais máquinas a alimentarem a unidade consumidora.

Palavras-chave: Paralelismo, Geradores, Confiabilidade.

## **ABSTRACT**

The work presented is a case study which aims showing the advantages referred to the parallelism application between generators, occurred in the Unimed Hospital localized in the city of Volta Redonda–RJ, focusing on reliability and the consume of the fuel that feeds the generator machines. We made a comparison of the functioning of the machines working independently and with the parallelism implementation. So, through research, diesel consumption calculation and tests realized in the application of local, we proved it that parallelism significantly increases the emergency feeding system's reliability, decimating the chances of an energy blackout. With the application of the new configuration, the system recognizes a generator's point failure and obliges the other machines to feed the consuming unity.

Keyword: Parallelism, Generators, Reliability

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>17</b>
<b>1.1. JUSTIFICATIVA.....</b>	<b>18</b>
<b>1.2. DELIMITAÇÃO DO TEMA .....</b>	<b>19</b>
<b>1.3. FORMULAÇÃO DO PROBLEMA.....</b>	<b>20</b>
<b>1.4. OBJETIVOS.....</b>	<b>20</b>
<b>1.4.1. Objetivo Geral.....</b>	<b>20</b>
<b>1.4.2. Objetivos Específicos .....</b>	<b>20</b>
<b>1.5. METODOLOGIA .....</b>	<b>21</b>
<b>2.1. FORNECIMENTO DA ENERGIA ELÉTRICA .....</b>	<b>22</b>
<b>2.2. ASPECTOS HISTÓRICOS SOBRE O GERADOR ELÉTRICO.....</b>	<b>23</b>
<b>2.2.1. Geradores movidos a diesel .....</b>	<b>26</b>
<b>2.2.2. Componentes do gerador.....</b>	<b>28</b>
<b>2.2.3. Princípio de Funcionamento do Gerador.....</b>	<b>31</b>
<b>2.3. CARACTERÍSTICAS E ESPECIFICAÇÕES DOS GERADORES.....</b>	<b>32</b>
<b>2.3.1. Velocidade de Rotação de um Gerador Síncrono .....</b>	<b>32</b>
<b>2.3.2. Tensão Interna Gerada por um Gerador Síncrono .....</b>	<b>33</b>
<b>2.3.3. Circuito Equivalente Trifásico do Gerador Síncrono .....</b>	<b>34</b>
<b>2.4. QUADRO DE TRANSFERÊNCIA .....</b>	<b>34</b>
<b>2.4.1. Modelo de Quadro de Transferência .....</b>	<b>35</b>
<b>2.4.2. Aplicação do Quadro de Transferência.....</b>	<b>36</b>
<b>2.4.3. Quadro de Transferência Automática .....</b>	<b>36</b>
<b>2.5. UNIDADE DE SUPERVISÃO DE CORRENTE ALTERNADA (USCA) .</b>	<b>38</b>
<b>2.5.1. Funcionamento da USCA .....</b>	<b>38</b>
<b>2.6. TRANSFORMADOR DE POTENCIAL .....</b>	<b>40</b>
<b>2.7. TRANSFORMADOR DE CORRENTE .....</b>	<b>41</b>

2.8. TRANSFORMADOR .....	44
3. PARALELISMO DE GERADORES E A ENGENHARIA ELÉTRICA .....	48
3.1. PARALELISMO DE GERADORES EM AMBIENTE HOSPITALAR .....	48
3.1.1. A importância do Paralelismo de Geradores .....	49
4. CONFIABILIDADE ENERGÉTICA.....	51
5. TIPOS DE CONEXÕES COM A CONCESSIONÁRIA .....	53
5.1. PARALELISMO EM REGIME PERMANENTE .....	53
5.2. PARALELISMO EM REGIME MOMENTÂNEO .....	54
5.3. SEM PARALELISMO.....	56
6. ESTUDO DE CASO.....	58
6.1. SISTEMA ATUAL .....	58
6.1.1. Plano emergencial.....	61
6.1.2. Casos de vítimas devido à falta de energia .....	64
6.2. PARALELISMO .....	65
6.2.1. Configuração do paralelismo.....	66
6.3. SINCRONISMO.....	71
6.4. USINA DE GERAÇÃO .....	73
6.5. REALIZAÇÃO DE TESTES .....	88
6.6. VIABILIDADE ECONÔMICA .....	97
6.7. ENGENHARIA ELÉTRICA NA INDÚSTRIA 4.0 .....	107
6.7.1. Monitoramento via aplicativo.....	108
7. CONCLUSÃO.....	112
8. REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA.....	113

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Exemplo da geração até o consumidor.....	23
Figura 2 - Máquina Pixii.....	24
Figura 3 - Dínamo feito em 1832 por Joseph Henry.....	25
Figura 4 - Gerador carenado.....	26
Figura 5 - Gerador aberto.....	27
Figura 6 - Gerador.....	28
Figura 7 - Radiador .....	29
Figura 8 - Alternador trifásico WEG.....	30
Figura 9 - Geração de movimento no motor movido a diesel .....	30
Figura 10 - QTA Unimed de Volta Redonda.....	37
Figura 11 – Funcionamento da USCA.....	39
Figura 12 - Transformador potencial .....	40
Figura 13 - Transformador de corrente .....	41
Figura 14 - Transformador de Corrente tipo enrolado .....	42
Figura 15 - Transformador de Corrente tipo janela .....	43
Figura 16 - Transformador de Corrente tipo barra.....	43
Figura 17- Transformador a óleo.....	45
Figura 18 - Transformador a seco .....	46
Figura 19 - Transferência com rampa de carga .....	55
Figura 20 - Layout de alimentação energética .....	58
Figura 21 - Cartão passo a passo plano emergencial.....	62
Figura 22 - Quadro com plano emergencial .....	63
Figura 23 – Disjuntores do quadro com plano emergencial .....	63
Figura 24 - Modelo de respirador .....	64
Figura 25 - Onda senoidal.....	72
Figura 26 – Sincronismo .....	73
Figura 27 – Usina geradora do hospital Unimed de Volta Redonda.....	74
Figura 28 - Reservatório de óleo diesel de 5.000 litros .....	76
Figura 29 - Quadros de comando.....	78
Figura 30 - Módulo DSE 8610.....	79
Figura 31 - Disjuntor AF580-30 .....	80
Figura 32 - Módulo DSE 335.....	81

Figura 33 - Transformador 750 KVA .....	82
Figura 34 - Dados de placa do transformador de 750 KVA.....	82
Figura 35 - Painéis de média tensão .....	83
Figura 36 - Relé de proteção SEPAM .....	85
Figura 37 - Banco de carga 1 MVA .....	88
Figura 38 - Ligação do banco de carga.....	89
Figura 39 - Seleção de potência no banco de carga .....	90
Figura 40 - IHM do módulo após transferência .....	97
Figura 41 – Configuração .....	110
Figura 42 – Interface .....	110
Figura 43 - Interface de Monitoramento e Controle.....	111
Figura 44 - Interface de Controle.....	111

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Tensão e potência geradas.....	75
Tabela 2 – Realização de teste para verificação de respostas dos geradores .....	90
Tabela 3 - Simulação de Falha.....	92
Tabela 4 – Teste de desligamento do gerador de acordo com a carga .....	94
Tabela 4 – Teste de desligamento do gerador de acordo com a carga .....	95
Tabela 5 - Investimentos para implantação do paralelismo entre geradores .....	99
Tabela 6 - Redução no custo para manutenção mensal .....	100
Tabela 7 - Consumo dos geradores .....	101
Tabela 8 - Consumo dos geradores. ....	103
Tabela 10 - Divisão de carga entre geradores. ....	104
Tabela 11 - Consumo gerador Cummins. ....	105
Tabela 12 - Consumo do Gerador Cummins de 65 KW .....	105
Tabela 13 - Consumo de diesel sem paralelismo.....	105
Tabela 14 - Funcionamento dos geradores em paralelismo. ....	106

## LISTA DE DIAGRAMAS

Diagrama 1 – QTA Sem paralelismo .....	56
Diagrama 2 - Diagrama energético de alimentação atual .....	67
Diagrama 3 - Diagrama do paralelismo entre geradores.....	68
Diagrama 4 - PMT 01 .....	84
Diagrama 5 – Novo QTA .....	86
Diagrama 6 - Seccionamento .....	87

## LISTA DE FLUXOGRAMAS

Fluxograma 1 .....	60
Fluxograma 2 .....	66

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Demanda máxima mensal .....	100
Gráfico 2 - Interpolação linear .....	102
Gráfico 3 - Demanda no dia 12 de janeiro de 2020 .....	103

## LISTA DE ABREVIACÕES

QT – Quadro de Transferência

QTA – Quadro de Transferência Automático

QTR – Quadro de Transferência em Rampa

CA – Corrente Alternada

V – Volt

KVA – Quilo Volt Ampére

HZ - Hertz

KV – Quilo Volt

MVA – Mega Volt Ampére

MW – Mega Watt

USCA – Unidade de Supervisão de Corrente Alternada

PMT – Painel de Média Tensão

GMG – Grupo Moto Gerador

IMH – Interface Homem Máquina

TP – Transformador Potência

TC – Transformador de Corrente

NBR – Normas Brasileiras Argumentadoras

AMF - Automatic Mains Failure

CTI – Centro de Terapia Intensivo

VR – Volta Redonda

## 1. INTRODUÇÃO

A Revolução Industrial do século XVIII, concedeu muitas transformações em vários seguimentos, como, transporte à vapor, comunicações e na elaboração de novos produtos, entretanto, após algum tempo motores e geradores elétricos destacaram-se nesse mercado, através das histórias de grandes personalidades contemporâneas que empenharam-se para desvendarem maneiras de obter energia através de ideias renováveis e limpas para a humanidade, assumindo, então, o lugar dos trabalhos manuais e das máquinas à vapor, fazendo-se um novo mundo.

Certamente, da mesma maneira que várias descobertas, o gerador elétrico é a eficiência de um trabalho de logas anos desenvolvido por cientistas e pesquisadores que aplicaram seus conhecimentos, a fim de produzir energia alternativa e dar continuidade na evolução do mundo, como, por exemplo, Rudolf Diesel, pesquisador que inventou e idealizou um motor à base de óleos vegetais, subsequentemente modificado para o óleo diesel produzido através do petróleo.

Hodiernamente, os sistemas de redundância de energia são de vital importância, a implementação de um grupo de gerador a diesel com o intuito de suprir a falta de energia da concessionária, operando no horário de ponta e/ou atuando como autoprodutor em casos emergências, sugerem-se como uma alternativa segura e confiável para tais propósitos.

Sob esse aspecto, hospitais e clínicas, por exemplo, exigem um planejamento adequado de instalações elétricas, uma vez que elaboram atividades essenciais para vida de pessoas, portanto, esses locais devem ser preparados para atuarem em emergências e apresentarem confiabilidade energética. Assim sendo, surgiu a necessidade em haver um sistema, o qual o fornecimento de energia seja contínuo e ininterrupto, com isso, a Anvisa e o Ministério Público desenvolveram planos emergenciais para falta de energia.

Essas diretrizes preveem que todas as unidades hospitalares tenham projetos de sistemas elétricos com fontes alternativas de energia instaladas, para garantir sua atuação automática em casos de ausência total ou parcial de energia elétrica. Neste caso, o paralelismo e sincronismo de geradores são inseridos no mercado como alternativa para suprir a demanda em caso de falha da alimentação principal.

Na ocorrência dessa falha, o módulo de controle entende a falta e realiza o acionamento das máquinas, uma vez ligada ao Quadro de Transferência Automático ele passa a controlar a saída de tensão e a frequência, monitorando os dados e efetuando a proteção quando necessário.

A operação em paralelo é, então, um método eficiente, em que tem a divisão da potência alimentadora entre o conjunto de geradores. Nesse viés, existem diversas vantagens que corroboram para a utilização desse sistema, a saber:

Melhor confiabilidade em situações de alta necessidade de segurança, ou seja, uma inesperada falha de algum dos geradores os demais continuarão suprindo a carga normalmente, sem interrupção. É inegável, portanto, que com o paralelismo, as manutenções nas máquinas podem ser feitas periodicamente, uma vez que ao desligar um gerador para intervenções, o(s) outro(s) continuam funcionando.

Maior economia e eficiência deve-se considerar que a potência do sincronismo seja maior que a do sistema de cargas para que não ocorra oscilações na hora da transferência da carga para a usina de geração, logo, se o consumo for baixo há a opção de reduzir o número de geradores ativos, desligando os demais, porém, mantendo o rendimento e poupando o combustível. Diante disso, o acoplamento do grupo de geradores maximiza o rendimento das máquinas, haja vista o aumento da força e da potência do sistema.

Assim, são por essas razões que o paralelismo entre grupos de geradores deu-se como soluções para os problemas enfrentados no Hospital Unimed de Volta Redonda, enquadrando-se, então, aos regulamentos exigidos pela Anvisa no seu Plano de Segurança no Ambiente Hospitalar (capítulo 3 do artigo citado), o qual diz que os hospitais apresentam cargas, as quais não podem ser interrompidas, portanto, necessitam de mecanismos que suprem a demanda instalada com uma energia auxiliar confiável e segura.

### **1.1. JUSTIFICATIVA**

O que fomentou esse estudo foi a necessidade em se ter um sistema o qual o fornecimento de energia fosse contínuo e ininterrupto, neste caso, essa pesquisa se justifica através da aplicação do paralelismo e sincronismo de geradores, evitando

assim, a impossibilidade na realização de procedimentos cirúrgicos, as complicações de pacientes em Unidade Terapia Intensiva, a dificuldade na manobra emergencial. Circunstâncias essas, oriundas da falha do funcionamento de um gerador de um conjunto de quatro geradores, visto que o grupo de geradores atuando de formas independentes apresenta maior probabilidade de falhas e riscos.

Com base na divisão da potência alimentadora entre o grupo de geradores em paralelo, existem diversas vantagens que corroboram para a utilização desse sistema, bem como, maior eficiência e economia de combustível, melhor confiabilidade energética e manutenção acessível, contribuindo para o seu público alvo o benefício de garantir estabilidade energética do hospital, mesmo em ocorrência de falta da concessionária.

## **1.2. DELIMITAÇÃO DO TEMA**

A modernização de grupos de geradores em sistemas hospitalares, passa a ser essencial, uma vez que, os pacientes em Unidade de Tratamento Intensivo, Centros Cirúrgicos, por exemplo, necessitam constantemente do fornecimento de energia elétrica. Quando há falta de energia devido a um problema na concessionária ou a falha do funcionamento de um gerador, dependem da eficiência de um eletricitista para realizar uma manobra emergencial, com o objetivo de suprir a demanda em cargas pontuais.

Este tema apresentado foca principalmente na confiabilidade energética, logo, esclarecer de que maneira a aplicação do paralelismo entre grupo de geradores em ambiente hospitalar, torna-se praticamente nula a falta de energia elétrica. Como solução para uma possível falta de energia ocasionada por um problema da rede e/ou falha do funcionamento de um gerador do conjunto, aplica-se o paralelismo. Considerando-se eficaz, devido a possibilidade das outras máquinas trabalharem para suprir a demanda do gerador defeituoso, até que ele seja corrigido ou retome o fornecido pela concessionária, assim, tornando automática a manobra emergencial

Tendo como referência ao estudo de caso realizado no hospital Unimed - Volta Redonda.

### **1.3. FORMULAÇÃO DO PROBLEMA**

A aplicação dos geradores, com a intenção de suprir a falha da entrega de energia da concessionária, resulta na estabilidade e eficiência energética, uma vez que se considera como serviços essenciais de toda a unidade hospitalar. Além disso, seu funcionamento é assegurado, devido ao diesel, que por outro lado acaba proporcionando um aumento no custo.

Assim, no estudo buscou-se reunir dados com o propósito de responder ao seguinte problema de pesquisa: de que maneira a aplicação do paralelismo entre quatro geradores em ambiente hospitalar pode solucionar a falha do funcionamento de um gerador, obtendo um sistema confiável, eficiente e ao mesmo tempo econômico?

### **1.4. OBJETIVOS**

#### **1.4.1. Objetivo Geral**

Desenvolver um estudo de caso com conceitos de uma aplicação do sistema de paralelismo de geradores entre quatro máquinas geradoras movidas a diesel em ambiente hospitalar, para garantir a confiabilidade energética e a eficiência do sistema, apresentando redução dos riscos decorrentes da falha da alimentação principal de energia dos diversos ambientes hospitalares. O estudo foi realizado no hospital Unimed - Volta Redonda.

#### **1.4.2. Objetivos Específicos**

- Verificar e levantar dados das condições de funcionamento do paralelismo entre grupo de geradores.
- Determinar os parâmetros de funcionamento e empregar as técnicas apropriadas para o estudo em análise.
- Distinguir a melhor forma de aplicar a técnica do paralelismo e sincronismo de grupo de geradores.
- Reunir dados e fazer um referencial teórico dos equipamentos a serem implementados no projeto e suas configurações.

## 1.5. METODOLOGIA

Esse estudo tem por finalidade realizar uma pesquisa aplicada, uma vez que utilizará conhecimento da pesquisa fundamental para resolver problemas.

Para um melhor tratamento dos objetivos e melhor apreciação desta pesquisa, observou-se que ela é classificada como pesquisa descritiva. Detectou-se também a necessidade da pesquisa bibliográfica no momento em que se fez uso de materiais já elaborados: livros, artigos científicos, revistas, documentos eletrônicos e enciclopédias na busca e alocação de conhecimento sobre o paralelismo entre quatro geradores em ambiente hospitalar como forma de Garantir a confiabilidade energética e a eficiência do sistema, correlacionando tal conhecimento com abordagens já trabalhadas por outros autores.

A pesquisa configura-se como um estudo de caso, sendo descritiva, de nível escolar, além de fazer uso de gráficos para visualização analítica dos dados.

A abordagem do tratamento da coleta de dados do estudo de caso será bibliográfica, uma vez que, a pesquisa bibliográfica implica em que os dados e informações necessárias para realização da pesquisa sejam obtidos a partir do apuramento de autores especializados através de livros, artigos científicos e revistas especializadas. Além de pesquisas com embasamentos técnicos, haja vista a sua importância para esse estudo de caso.

## **2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

### **2.1. FORNECIMENTO DA ENERGIA ELÉTRICA**

A energia elétrica utilizada em nosso planeta é consequência de alguma relação de transformação de energias. Na atualidade podemos contar com alguns tipos de geração de energia, como as usinas hidrelétricas, a energia solar, eólica, nuclear e outras menos usuais. A energia mais utilizada no Brasil é a hidrelétrica, gerada pela força da água de um rio que são contidas em uma barreira.

A energia gerada nas hidrelétricas é oriunda de máquinas síncronas que tem como função transformar a energia contida na força da água em energia elétrica. Para que isso ocorra, existe uma enorme barragem responsável por criar uma coluna de água, reproduzindo-se uma pressão suficiente para movimentar as pás das turbinas acopladas ao gerador, criando-se assim um campo magnético responsável pela geração da energia elétrica.

O setor energético brasileiro é composto por geração, transmissão e distribuição da energia elétrica, para que a energia gerada chegue até os centros consumidores se torna necessário o aumento da tensão. Este processo é realizado pelos transformadores elevadores em subestações e desta maneira a energia elétrica é conduzida por linhas de transmissão quilométricas, que cruzam o nosso país.

As subestações abaixadoras são responsáveis por receber a alimentação vinda das linhas de transmissões, que chegam em alta tensão, e os transformadores calculados para tal aplicação, abaixam a tensão para que sejam distribuídas às unidades consumidoras, que são nossas residências, indústrias e em hospitais. Podemos ver na figura 1 um exemplo de como é realizada a geração, transmissão e distribuição da energia elétrica.

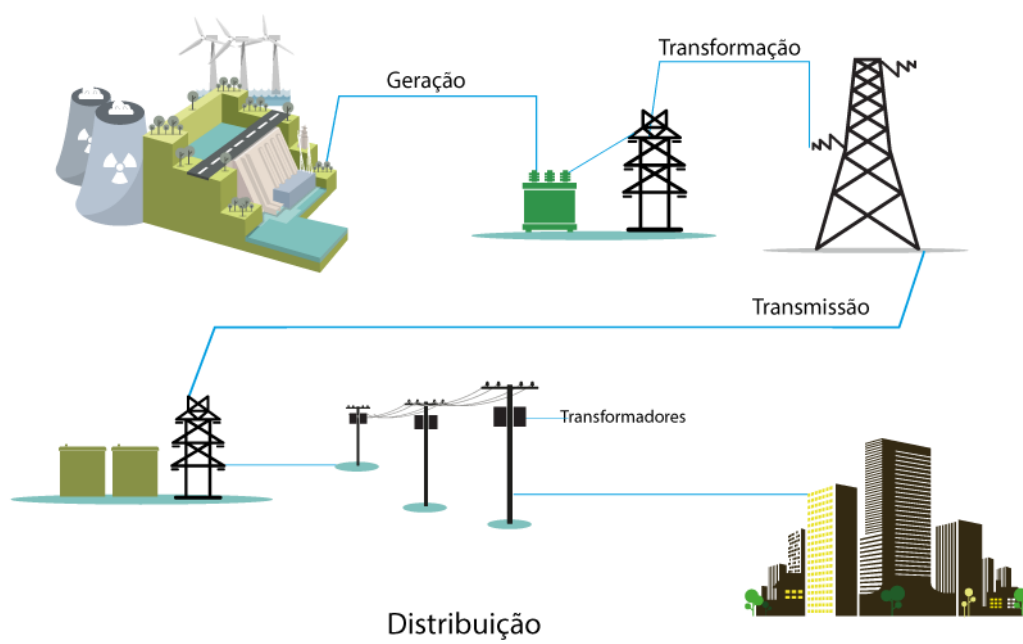


Figura 1 - Exemplo da geração até o consumidor

Fonte: A Geradora (2018).

## 2.2. ASPECTOS HISTÓRICOS SOBRE O GERADOR ELÉTRICO

Por volta de 1830, as únicas fontes de alimentação de energia elétrica existentes eram através das pilhas e baterias, suas funções era transformar energia química em energia elétrica. Mas isto mudou em 1831, quando o Michael Faraday inventou um sistema que produzia energia elétrica a partir da energia mecânica, assim que encaminha o surgimento dos primeiros geradores de energia através do movimento (ORNELLAS, 2006).

Segundo Antônio Lopes de Souza, a Máquina de Pixii, mostrada na figura 2, é considerada o primeiro gerador elétrico. Foi construída em 1832, a partir dos princípios descobertos por Michael Faraday. Era composta de um ímã em forma de ferradura que girava, em torno de um eixo, diante de duas bobinas fixas com um núcleo de ferro. O referido ímã ao girar produzia um fluxo magnético variável no tempo através das bobinas fixas e, como consequência, a indução de uma tensão alternada nos terminais delas. Essa tensão alternada era transformada em um sinal retificado pulsante através de comutadores localizados na saída da máquina.

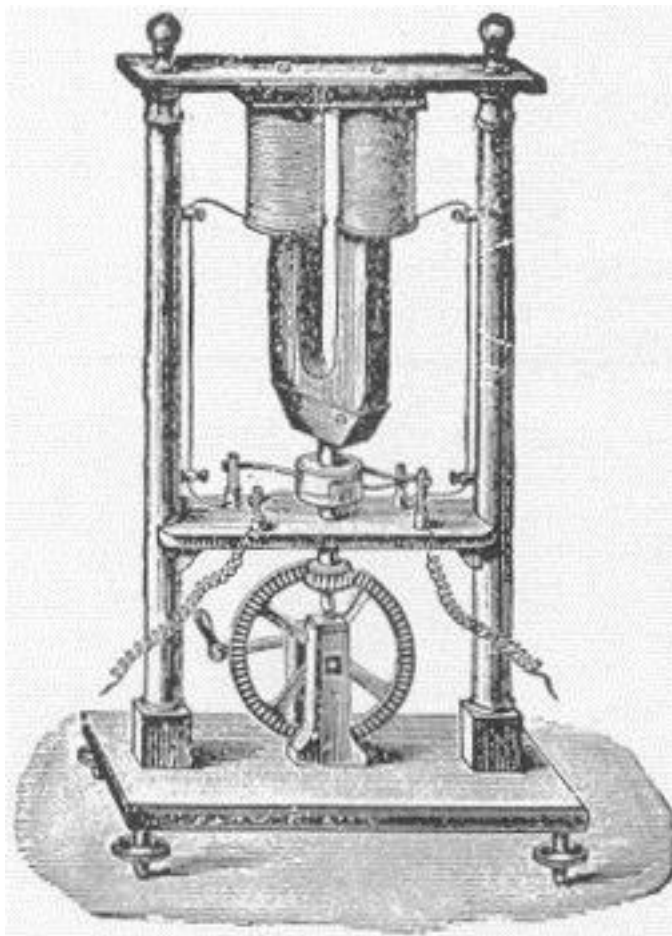


Figura 2 - Máquina Pixii

Fonte: SOUZA (2012).

A descoberta de Michael Faraday abriu possibilidades para descobertas e criações de novos tipos de geradores. Em 1832 o norte americano Joseph Henry criou um protótipo semelhante ao criado por Faraday, o qual foi batizado de dínamo.

O dínamo gera a corrente contínua convertendo a energia mecânica em elétrica, ou seja, a energia mecânica gerada pela passagem da água de um rio faz com que gire um eixo onde está localizado um ímã. Este modelo de gerador também foi considerado um marco e permitiu que outros pesquisadores passassem a poder ter a escolha de ambos os geradores para a geração de energia em seu projeto. A figura 3 mostra as estruturas do dínamo.

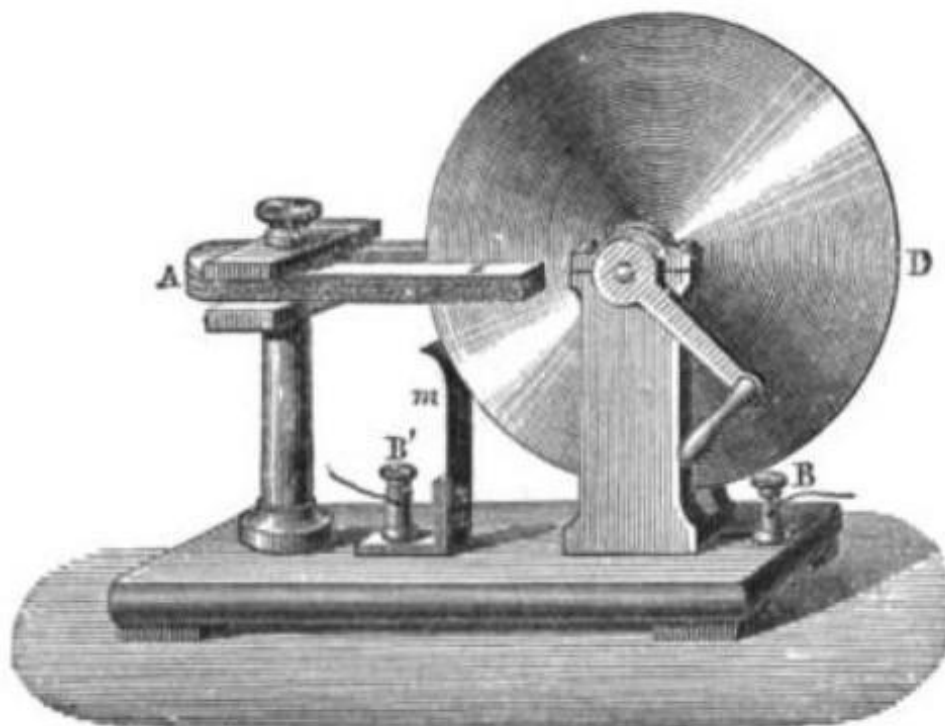


Figura 3 - Dínamo feito em 1832 por Joseph Henry

Fonte: TecMundo

Com o passar dos anos novos geradores foram criados. Atualmente existem diversos tipos de geradores de energia, porém os mais comuns são capazes de gerar a energia elétrica através do movimento, como os utilizados nas hidrelétricas. Entretanto quando se trata de situações em que o usuário conta com pouco espaço e precisam de uma fonte de alimentação de fácil acesso, as máquinas geradoras mais utilizadas são as que contam com um sistema de alimentação por combustível, normalmente gasolina ou diesel.

Os geradores a gasolina são considerados mais baratos, porém não são muito utilizados devido ao alto custo do combustível e possuem o consumo da sua fonte alimentadora maior em comparação ao diesel. Já os geradores movidos a diesel possuem valores de aquisição mais elevados, todavia o diesel é um combustível mais barato, o seu rendimento é melhor e sua capacidade para geração de altas potências se tornam mais fáceis, devido à potência do seu motor.

### 2.2.1. Geradores movidos a diesel

Até o momento a melhor solução para uma maior confiabilidade energética, nas empresas, é a utilização de geradores movidos a diesel. Eles conquistaram seu espaço por serem máquinas consideravelmente compactas, sua fonte de energia é de fácil reposição, os cálculos são realizados de acordo com a necessidade energética do local e a transferência de energia elétrica é realizada em poucos segundos.

Podemos encontrar no mercado um ranger enorme de potências para as máquinas a diesel. Elas podem gerar baixas potências, normalmente utilizadas para pequenas aplicações, como suprir a demanda de uma residência ou até mesmo geradores com potências gigantescas, que são considerados máquinas industriais.

Os geradores mais robustos podem ser encontrados com ou sem carenagens. As carenagens são utilizadas em ambientes externos e tem como principais funções inibir os ruídos gerados, proteger contra poeira e chuva. Os geradores sem carenagens são utilizados em ambientes fechados, onde só podem ter acesso os profissionais capacitados. Abaixo, nas figuras 4 e 5, temos os dois tipos de layout.



Figura 4 - Gerador carenado

Fonte: Fontes de Energia – Grupo de Gerador Carenado (2018)



Figura 5 - Gerador aberto

Fonte: Fontes de Energia – Grupo de Gerador Carenado (2018).

Os equipamentos são adquiridos conforme a necessidade do usuário, indo de acordo com cada aplicação. Ao comprarmos um gerador, precisamos nos atentar a alguns pontos importantes, como:

- O tipo de carga (Iluminação, motores etc.);
- Característica do local (Temperatura e altitude);
- Regime de operação (stand by, rampa em horário de ponta).

Para determinar a potência fornecida é fácil, basta verificarmos a potência que cada equipamento consome e realizar um somatório das cargas que serão alimentadas. Lembrando que não é aconselhado os geradores trabalharem com 100 % da sua autonomia. Por questão de segurança, o máximo que um gerador pode trabalhar é de 75% de sua potência nominal.

No caso do gerador ser utilizado para emergência, precisamos também nos atentar quais são os consumidores essenciais, para não necessitar da aquisição de uma máquina maior e o desperdício na queima de combustível. Em caso de hospitais, as cargas essenciais são aquelas que dão suporte a vida dos pacientes.

### 2.2.2. Componentes do gerador

O gerador movido a diesel foi uma máquina montada com algumas partes principais, que devem ter um perfeito funcionamento. A figura 6 nos mostra um gerador aberto onde faremos um detalhamento de seus mais importantes componentes.

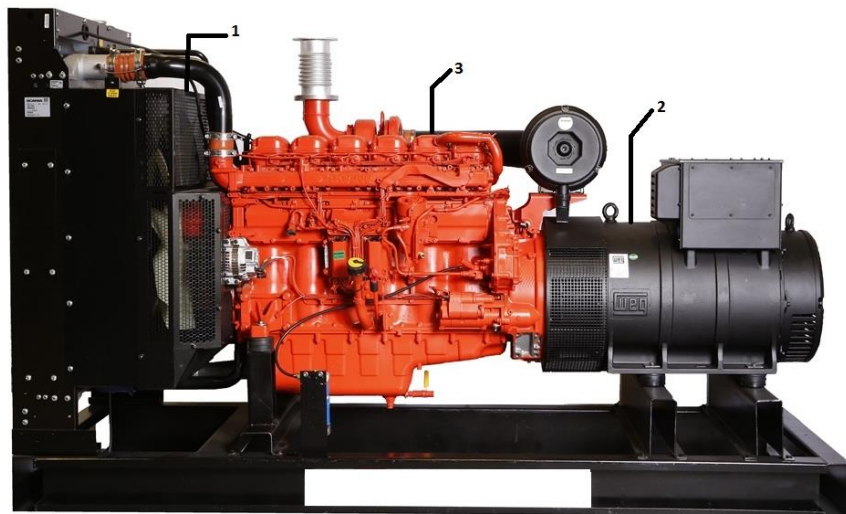


Figura 6 - Gerador

Fonte: Portal do Médico – Gerador de Energia Scania, 2020

#### 1 – Radiador

O radiador é o dispositivo responsável pela troca de calor entre o ar ambiente e o a água que circula no motor. Sem a presença do radiador, não seria possível o funcionamento do motor, pois a temperatura de funcionamento dele é muito elevada e com isso danificaria suas peças. Na figura 7 podemos ver um modelo de radiador.



Figura 7 - Radiador

Fonte: Radiadores Coroa, 2020

## 2 – Alternador

O alternador de um gerador é o componente responsável pela transformação de energia mecânica, criada pelo motor, em energia elétrica. A conversão da energia fundamenta-se na Lei de Lenz, que afirma “quando existe indução magnética, a direção da força eletromotriz induzida é tal, que o campo magnético dela resultante tende a parar o movimento que produz a força eletromotriz”.

Os alternadores são considerados máquinas síncronas, ou seja, sua rotação é diretamente associada ao número de polos e a frequência da força eletromotriz. Sua construção física é semelhante à de motores síncronos, com funções contrárias.

Na construção física de uma máquina geradora, o alternador é a última parte, que está diretamente acoplado ao eixo do motor, recebendo o seu movimento rotacional. Ele também conta com uma caixa de ligação onde são conectados os cabos alimentam as cargas. Como podemos ver na figura 8.



Figura 8 - Alternador trifásico WEG

Fonte: Catálogo WEG, 2019

### 3 – Motor a combustão

Parte do gerador que está diretamente conectada ao alternador e radiador. Utiliza a queima de combustível, para a geração de movimento, por meio do fenômeno de indução eletromagnética. Na parte interna do motor, temos a presença de ar, que é puxado e comprimido, após a compressão ele é injetado no diesel. Podemos ver o exemplo na figura 9, abaixo.

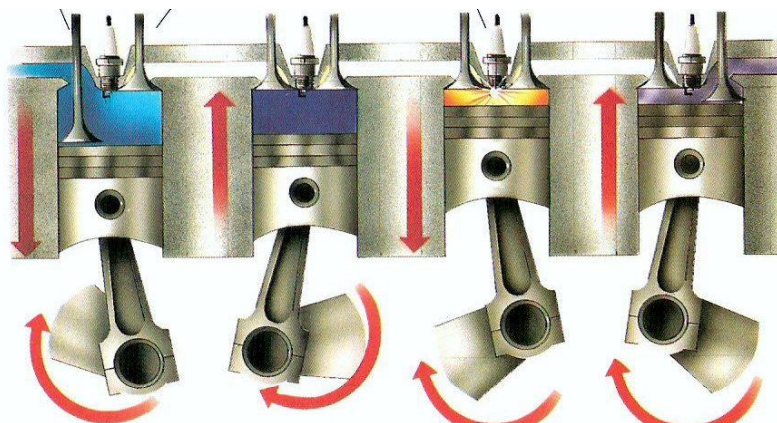


Figura 9 - Geração de movimento no motor movido a diesel

Fonte: São Leopoldo Diesel, 2018

Além dos citados acima, para o perfeito funcionamento de um gerador, é necessária a presença de alguns outros componentes, como podemos ver abaixo:

- Reservatório de combustível

O tanque de combustível é responsável por armazenar diesel suficiente para manter o gerador em funcionamento por um tempo desejado, calculado de acordo com o consumo.

- Regulador de Tensão

Este componente regula a tensão de saída do gerador, este componente desempenha um processo de regulação de tensão que faz com que o gerador comece a produzir a tensão de saída igual a sua capacidade de operação.

- Bateria

A bateria tem a sua função de efetuar a partida do gerador. Normalmente são utilizadas duas baterias de 12 volts, totalizando uma tensão de 24 V, responsável pela partida do gerador.

- Carregador de bateria

Responsável pelo carregamento das baterias de partida

- Pré-aquecimento

É responsável por deixar o sistema de circulação interna do gerador à uma temperatura mínima para partida. Normalmente é utilizada uma resistência de 2000 W, que fica alimentada o tempo que o gerador não está em funcionamento.

Além dos componentes descritos acima, temos vários outros para que o gerador possa cumprir o seu papel, que é gerar energia elétrica para alimentar as cargas nele conectadas. Mas a máquina geradora, por si só, não é capaz de reconhecer a queda de energia da concessionária. Ele precisa do suporte de um quadro de transferência (QT) que iremos trazer mais à frente

### 2.2.3. Princípio de Funcionamento do Gerador

De acordo com Fitzgerald (2006) o gerador elétrico “é um aparelho que converte um determinado tipo de energia em energia elétrica”. A conversão eletromecânica emprega como meio o campo magnético do aparelho de conversão e o campo elétrico.

A conversão eletromagnética sucede devido à variação do fluxo magnético em função do movimento mecânico. Na grande parte das máquinas rotativas o fluxo

magnético é produzido por consequência da variação mecânica, e quando o campo magnético gira mecanicamente próximo dos enrolamentos. Dessa forma, no tempo, o fluxo que é gerado é concatenado de uma forma cíclica de uma determinada bobina, logo a tensão variável é formada.

Ainda que vários aparelhos funcionem de uma maneira similar, há uma série de categorias que são classificadas, criando uma descrição das máquinas CA. Existem dois tipos de categorias: síncronas e a de indução. Nas máquinas síncronas, as correntes de excitação da bobina são fornecidas através dos contatos deslizantes que são apostados na parte estacionária do motor. Já nas máquinas de indução as correntes são induzidas nas bobinas do rotor, que é gerada através da combinação da corrente do estator e da movimentação do rotor em relação ao estator.

### 2.3. CARACTERÍSTICAS E ESPECIFICAÇÕES DOS GERADORES

#### 2.3.1. Velocidade de Rotação de um Gerador Síncrono

Segundo Chapman (2013) nota-se que os geradores síncronos possuem este nome devido a e sua velocidade mecânica de rotação ser diretamente ligada à sua frequência. Sendo o rotor um tipo de eletroímã no qual é injetada uma corrente contínua, e com o seu movimento de rotação começa a ser controlado pelo campo estático imposto conforme a variação do tempo. Sua taxa de rotação do campo magnético está conectada a frequência elétrica do estator conforme a equação.

$$f_{se} = n_m \cdot \frac{P}{120}$$

$f_{se}$  = frequência elétrica, em Hz;

$n_m$  = velocidade mecânica do campo magnético, em rpm (igual a velocidade do rotor nas máquinas síncronas)

$P$  = número de pólos

120 = ângulo de disposição das bobinas

Tendo em vista que o rotor gira com a velocidade equivalente ao campo magnético está equação traz a velocidade de rotação do rotor de acordo com a frequência elétrica resultante.

### 2.3.2. Tensão Interna Gerada por um Gerador Síncrono

Chapman (2013) também salienta que o valor de tensão induzida em uma fase é encontrado na seguinte fórmula.

$$E_A = \sqrt{2} \cdot N_c \cdot \phi \cdot f$$

Esta depende da velocidade de rotação  $N_c$ , do fluxo  $\phi$  da máquina ou da frequência  $f$ . E esta equação pode ser simplificada de acordo com alguns problemas em específico das máquinas síncronas, chegando a esta equação:

$$E_a = K \cdot \phi \cdot \omega$$

$\omega$  = velocidade angular (pode ser expressa mecânicos por segundo ou em radianos elétricos);

K= constantes dos aspectos construtivos (pode variar conforme a unidade adotada em  $\omega$ );

- K quando  $\omega$  estiver em radianos mecânicos

$$k = \frac{N_c}{\sqrt{2}}$$

- K quando  $\omega$  estiver em radianos elétricos

$$k = N_c \cdot \frac{P}{\sqrt{2}}$$

Logo, obtém-se a tensão gerada,  $E_A$ , que é diretamente proporcional a velocidade e ao fluxo. E o fluxo que depende de forma direta da corrente inserida no rotor.

### 2.3.3. Circuito Equivalente Trifásico do Gerador Síncrono

A tensão  $E_A$  é a tensão gerada na fase dos geradores, porém a tensão não é encontrada nos terminais de fato devido às perdas construtivas. A tensão de saída  $V_\phi$  não é igual a tensão gerada  $E_A$  e isto se deve a uma série de fatores (CHAPMAN,2013).

- A distorção do campo magnético no ferro, causada pela corrente que flui no estator, denominada reação de armadura;
- A autoindutância das bobinas da armadura;
- A resistência das bobinas da armadura;
- O efeito do formato dos polos salientes do rotor.

## 2.4. QUADRO DE TRANSFERÊNCIA

Os quadros de transferência são montados com o intuito de realizar a alteração na fonte de energia de uma instalação. Eles são compostos por componentes elétricos como módulos de controle, disjuntores eletrônicos, entre outros. Eles podem ser utilizados tanto para aplicações de simples complexidade, como por exemplo, ligar ou desligar um grupo de geradores manualmente ou automaticamente, até as mais complexas como o paralelismo, divisão de carga e o sincronismo.

Além disso, é conhecido como QT e é considerado um dos mais importantes dentro dos dispositivos para o funcionamento de um gerador de energia elétrica. Ele executa várias funções que dependendo de sua configuração podem garantir a partida e o funcionamento do gerador, mantendo o fornecimento constante de energia.

Para verificar a melhor opção o projeto deve ser avaliado e levado em conta às necessidades, como o tipo de acionamento que pode ser automático ou manual, características de proteção e controle, assim também como o sistema de transferência.

#### 2.4.1. Modelo de Quadro de Transferência

Existem diferentes modelos de quadro de transferência, os principais tipos são o quadro de transferência manual e/ou automático que variam para cada tipo de aplicações do projeto.

O quadro de transferência manual possui chaves seccionadoras que o operador seleciona a fonte de energia manualmente, por sua vez o modelo automático mais conhecido como QTA é acionado através de um controlador micro processado que ao reconhecer a falta de energia da rede principal aciona automaticamente o gerador a ele destinado. Seguem algumas configurações:

Partida manual do grupo gerador, é utilizado em aplicações mais simples, na qual não se possui uma necessidade de acionamento do gerador instantaneamente. Com isto existe a necessidade de desligar o disjuntor designado à alimentação principal e acionar o disjuntor destinado a uma rede secundária. Esta aplicação não é muito usual, por conta de uma necessidade de abastecimento constante de energia.

Partida automática e manual do grupo gerador, esse tipo de configuração é utilizado quando se deve monitorar a alimentação da alimentação principal, normalmente oriunda de concessionárias fornecedoras de energia. E em caso de uma falha no fornecimento de energia elétrica, o gerador será acionado pelo módulo de controle responsável pelo monitoramento contínuo, efetuando assim a transferência da carga conectada à rede para a nova fonte de alimentação, normalmente geradores. E quando a concessionária reestabelecer a sua energia o controlador irá permitir a transferência de volta para a concessionária.

Os módulos de controle utilizados nesse tipo de configuração são compostos por um acionamento manual e automático. Onde o operador pode selecionar a melhor opção para utilização. O modo manual, normalmente é utilizado para testes de partida dos geradores e para uma manobra forçada, utilizada em manutenções preventivas.

Partida automática/manual com paralelismo e sincronismo, esse módulo é utilizado em sistemas no qual seja necessária a aplicação de mais de um gerador em paralelo, com o específico objetivo de prover a demanda local, garantindo a

segurança e alimentação contínua para sua carga. Como exemplo em uma possível falha em um dos geradores, o paralelismo permite que o conjunto dos demais geradores possa assumir a carga do gerador com defeito. Para tal aplicação o sistema deve ser calculado com redundância, para que não ocorra sobrecarga em uma máquina.

Para a aplicação do paralelismo entre as máquinas é necessária à instalação de um módulo de controle específico para cada gerador que consiga realizar tal aplicação, denominado escravo. E a utilização de um módulo de controle mestre responsável pelo monitoramento de todo sistema, que realiza toda leitura da rede.

#### 2.4.2. Aplicação do Quadro de Transferência

Os módulos de controle de geradores fornecem uma gama de aplicações uma delas é a operação em horário de ponta com sistema de transferência em rampa, neste tipo de aplicação o modo utiliza-se para levar a carga em rampa para o gerador no horário de ponta, onde a tarifa de energia é tem o seu valor mais elevado. Deste modo se torna mais barato utilizar o gerador para poder suprir a demanda do local, logo esta função é um diferencial, pois é um jeito de transferir a demanda entre o gerador e a rede sem que haja a interrupção de energia elétrica.

#### 2.4.3. Quadro de Transferência Automática

O quadro de transferência automática é a configuração de quadros de transferências mais utilizados para aplicação entre rede e gerador. Popularmente é chamado de QTA, é um componente bastante importante para os geradores de energia.

O QTA é um painel elétrico que garante o acionamento de um grupo de geradores automaticamente, e caso seja necessário através de uma pré-programação pode acionar uma máquina ou um grupo de geradores, seja por falta de energia elétrica da rede alimentadora ou por uma necessidade da operação. Isto significa que através do QTA, podemos ativar um grupo de gerador assim que ocorra a escassez da energia, e quando a energia principal se estabelecer, através da programação do QTA aguardar um determinado tempo de restabelecimento da tensão, podendo ser definido inicialmente 3 minutos. O tempo pode ser alterado conforme a característica da rede local, para o desligamento automático do gerador.

Então quando o QTA está parametrizado no modo automático e ocorra a interrupção da energia principal, o relé auxiliar é ativado e aciona a partida do grupo gerador. Logo, todo o circuito elétrico é abastecido de forma automática. Porém, se alguma falha for identificada depois de várias tentativas, é ativado o bloqueio automático, fazendo que o grupo de geradores seja protegido.

Lembrando que estas quantidades de partidas consecutivas podem ser configuradas de acordo com a sua aplicação e respeitando sempre as normas de segurança.

Citadas as ações acima, podemos garantir muito mais o profissionalismo e a segurança para qualquer operação que possa envolver geradores de energia, e para que todas estas ações sejam feitas a unidade de supervisão de corrente alternada (USCA) é quem assegura todo este procedimento. A figura 10, abaixo, mostra um modelo de quadro de transferência.



Figura 10 - QTA Unimed de Volta Redonda

Fonte: Autores (2020).

## **2.5. UNIDADE DE SUPERVISÃO DE CORRENTE ALTERNADA (USCA)**

Unidade de supervisão de corrente alternada é o nome dado aos módulos que executam a função de recebimento, controle, proteção e comando da transferência entre fontes de energia. Normalmente são aplicados em quadro de transferência automático de grupo de geradores. Estes equipamentos são responsáveis por fazerem as leituras das informações da rede, como por exemplo, a corrente e a tensão do lado dela e do lado do gerador. A USCA é responsável pelo envio do comando para o acionamento de um grupo de geradores caso aconteça uma falha na rede que pode ser de baixa tensão ou por uma falta de fase e realizar a transferência ou desativar o grupo de geradores caso a energia da rede se restabeleça.

A USCA também pode efetuar a partida junto com a rede, suceder o sincronismo de frequência e fazer com que a rede e o grupo geradores atuem juntos. Além de fazer a transferência da carga, conhecida como rampa.

A unidade de supervisão de corrente alternada, de modo geral realiza o controle da tensão do grupo de geradores para poder controlar a tensão de saída, a velocidade do motor para obter o controle da frequência desejada e também para administrar os dados do grupo e assim efetuar a proteção e o resfriamento quando for necessário.

### **2.5.1. Funcionamento da USCA**

Existem algumas possibilidades para a funcionalidade da USCA. A configuração para a aplicação varia de acordo com a necessidade do usuário, como a utilização dos grupos de geradores em horário de ponta ou somente para casos de falta energética. A grande vantagem da instalação de uma USCA é a capacidade de automatização do processo.

Ativando o modo de operação automático no teclado localizado na Interface Homem Máquina (IHM) do módulo ou até mesmo em computadores, contam com um controle que é efetuado remotamente. Assim, a USCA entra no modo de automatismo entre a rede e o grupo gerador e nessa condição automática ela é configurada para que a rede seja a alimentação de prioridade.

Com isso, quando a alimentação oriunda da concessionária está dentro dos padrões aceitáveis, o grupo de geradores se mantém desligado. Em caso de uma

falta ou instabilidade energética, a rede é retirada através do desarme do disjuntor destinado à concessionária, acionando os geradores.

No envio do comando para o acionamento, a USCA verifica o sincronismo entre as máquinas, e após confirmação do sincronismo, o paralelismo entre elas é realizado. Com todas as máquinas em paralelo, a alimentação da carga passa a ser realizada pelos geradores através do fechamento do disjuntor destinado aos geradores. Os disjuntores ficam localizados no quadro de transferência automático.

Ainda que haja o funcionamento dos geradores, a USCA continua monitorando o ponto de alimentação da rede. Após a verificação e constatação de normalidade da concessionária, é realizada uma manobra reversa. Assim a carga volta a ser alimentada pela rede. Na figura 11 vemos o funcionamento da USCA.

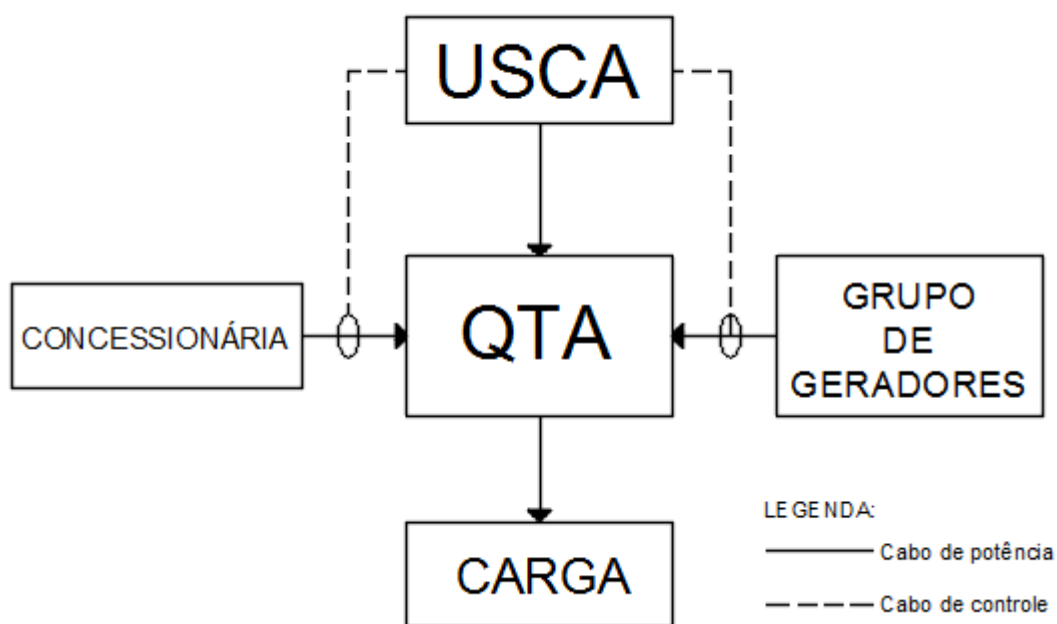


Figura 11 – Funcionamento da USCA

Fonte: Autores (2020).

Na figura acima temos o monitoramento e ligações da Unidade de supervisão de Corrente Alternada. Ele é realizado através de transformadores de instrumentos que são instalados no barramento de alimentação. Normalmente utilizam-se transformadores de corrente. Que fazem a leitura da intensidade da corrente circulante.

## 2.6. TRANSFORMADOR DE POTENCIAL

De acordo com o Chapman (2013) pode se entender que o transformador de potencial é um transformador particularmente enrolado com o primário em uma elevada tensão e o secundário com um valor baixo de tensão. O transformador manifesta uma potência nominal muito baixa e o seu único objetivo é providenciar uma amostra de tensão do sistema de potência para o equipamento que realizará o monitoramento.

Os transformadores potenciais, mais conhecidos como TP, são dimensionados de acordo com a potência aplicada na linha medida e devem suportar uma sobretensão de quinze por cento ou noventa por cento de tensão primária nominal, e com frequência nominal, sem ultrapassar os limites de aumento de temperatura.

A norma que regulamenta as definições de um TP é a NBR 6855. A exatidão de um TP varia de acordo com a necessidade do usuário. Normalmente os transformadores utilizados para uma medição é mais preciso que os utilizados para o acionamento de algum componente secundário. Abaixo, podemos ver a figura 12 que mostra o TP modelo SM6-BPS11I.



Figura 12 - Transformador potencial

Fonte: BRASFORMER (2014)

## 2.7. TRANSFORMADOR DE CORRENTE

O transformador de corrente toma uma amostra da corrente que flui em uma linha e reduz a um nível seguro e mensurável. O TC consiste em um enrolamento secundário enrolado em torno de um anel ferromagnético, com o primário constituído simplesmente pela linha que passa através do centro do anel. “O ferromagnético retém e concentra uma pequena amostra do fluxo oriundo da linha do primário” (CHAPMAN, 2013). A figura 3 apresenta um diagrama explicativo do funcionamento de um TC.

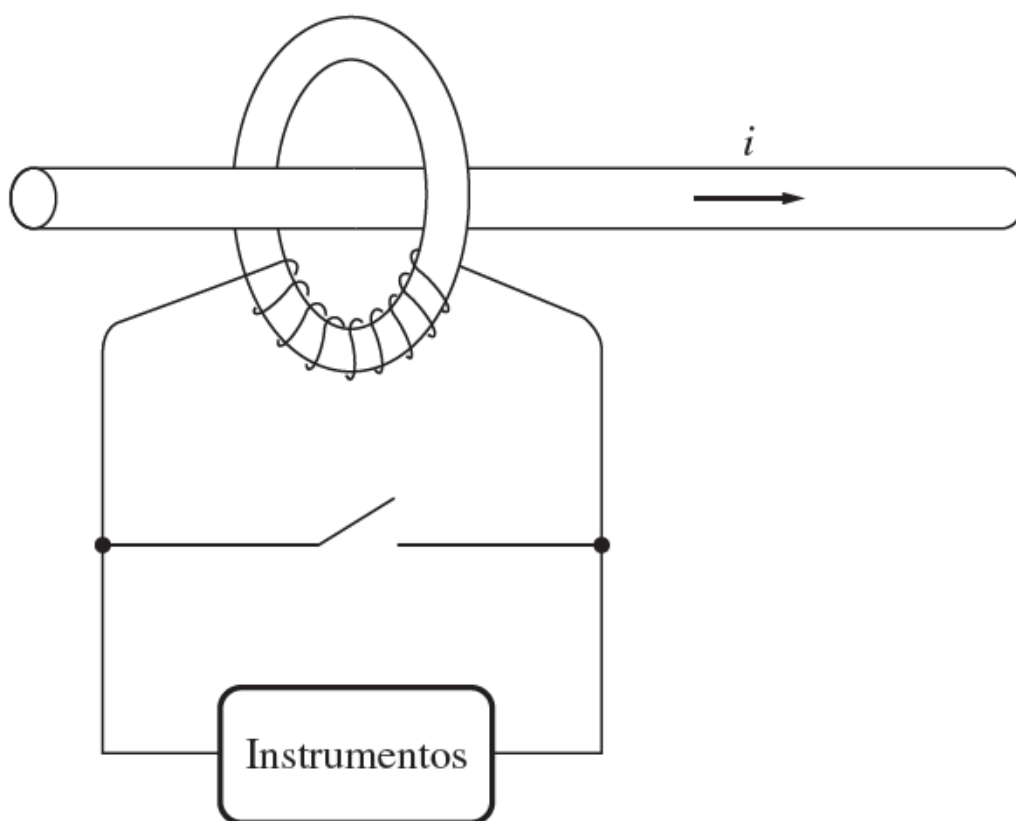


Figura 13 - Transformador de corrente

Fonte: Chapman (2013).

De maneira geral, o TC é um dispositivo que auxilia os equipamentos de proteção e medição, para que funcionem de forma segura e adequada, estes tipos de transformadores irão captar a corrente alternada de uma instalação elétrica e irá transforma-la em outra corrente isto ocorre, pois para realizar a medição a corrente não pode ser elevada então esta corrente é transformada em uma corrente menor

até a indicada para ser efetuada a medição. A norma que regulamenta as definições de um TP é a NBR 6855.

Devido à grande funcionalidade dos TC's, tornou-se necessário a construção de alguns modelos, que variam em seu formato e na aplicação. Os modelos mais utilizados em painéis são:

- TC tipo enrolado – Este transformador é utilizado em medições em que a corrente é inferior a relação de 200:5. Sua constituição é uma das mais simples. A figura 14 mostra um modelo de TC do tipo enrolado.



Figura 14 - Transformador de Corrente tipo enrolado

Fonte: BRASFORMER (2014).

- TC tipo janela – Sua principal característica está entre a bobina do primário e a do secundário. O seu meio de isolamento é realizado através do ar. Este TC é bem versátil, pois ele permite ao usuário a abertura de seu núcleo para a medição de algum circuito já instalado e em funcionamento. A figura 15 mostra um modelo de TC tipo janela.



Figura 15 - Transformador de Corrente tipo janela

Fonte: Minulight Eletrotécnica, 2018

- TC tipo barra – Este tipo de transformador tem a característica de realizar baixas medidas de tensões, tendo como objetivo reduzir as correntes que são relativamente altas. São muito utilizados em painéis de média e alta tensão. A figura 17 mostra um modelo de TC tipo barra.



Figura 16 - Transformador de Corrente tipo barra

Fonte: BRASFORMER, 2014

## 2.8. TRANSFORMADOR

O transformador é um dispositivo que converte, por meio da ação de um campo magnético, a energia elétrica CA de uma dada frequência e nível de tensão em energia elétrica CA de mesma frequência, mas outro nível de tensão (Chapman J. Chapman, 2013).

Ele é composto por duas ou mais bobinas de fio que são enrolados em um núcleo de ferro magnético. A transformação da tensão, normalmente é realizada pelo fluxo magnético presente no centro do núcleo. O campo magnético gerado é proporcional ao número de voltas dos fios ao redor do metal e sua intensidade da corrente aplicada. E o fluxo magnético produzido quando chega ao núcleo do braço metálico não encontra uma resistência considerável e conduz ao enrolamento secundário.

As bobinas são constituídas por um conjunto de espiras enroladas por condutores isolados e tem a sua função de induzir a energia elétrica entre o primário e o secundário do transformador. Elas podem ser de condutores de cobre retangular isolado com verniz ou com papel e o mais utilizado seção circular.

E o núcleo no transformador é uma das partes mais importantes, é através dele que se torna possível a fluidez do fluxo magnético do enrolamento do primário para o secundário. O núcleo é constituído de chapas de ferrosilício sobreposto e isolado, e assim formando um bloco de ferro concentrado. Tanto o núcleo quanto a bobina devem ser isolados entre si com papel, verniz e papelão e para a sua sustentação é utilizado madeira. Estes materiais devem ser muito bem fixados para não serem prensados e para evitar vibrações e ruídos. Podemos ver na figura 18 um modelo de seus principais componentes.

Os principais tipos são os transformadores elevadores e os transformadores abaixadores de tensão, que está diretamente ligada à quantidade de espiras que cada bobina deve possuir. Em um abaixador o enrolamento primário possui mais espiras do que o seu enrolamento secundário, e reduzindo a tensão secundária através da razão da relação entre a quantidade de espiras dos enrolamentos. Já em um transformador elevador, o enrolamento de suas espiras tem uma quantidade menor de espiras do que o seu enrolamento secundário logo aumentando a tensão em razão da relação entre os números das espiras de seus enrolamentos.

Um dos problemas mais pertinentes em transformadores de potência é o aquecimento que o fluxo de corrente gera em seu núcleo, com isso gerando perdas consideradas em forma do efeito joule. Quando uma corrente elétrica passa por um condutor, o condutor se aquece. Esse fenômeno é chamado efeito Joule (efísica, 2007). O aquecimento é diretamente proporcional à intensidade de corrente circulante, como podemos ver na fórmula seguinte:

$$Q = i^2 . R . t$$

Onde:

**Q** – Calor (J ou cal);

**i** – corrente elétrica (A);

**R** – Resistência elétrica ( $\Omega$ );

**t** – Intervalo de tempo (s).

As figuras 17 e 18 mostram os dois modelos de transformadores utilizados para altas potências.



Figura 17- Transformador a óleo  
Fonte: Joclamar – Materiais Elétricos, 2017



Figura 18 - Transformador a seco

Fonte: MF Rural, 2018

No transformador a óleo o líquido possui a função de isolá-lo e refrigerá-lo. No caso do transformador a seco as suas bobinas são revestidas de uma resina em epóxi que possui a função de isolamento e a refrigeração é feita por meio do ar que circula por essas bobinas (BARROS; GEDRA, 2016)

Então o resfriamento no transformador a óleo se dá pela troca do calor entre o óleo e o ambiente. Já no transformado a seco o resfriamento é realizado através da troca de ar. Esses dois tipos de materiais funcionam como isolantes das bobinas. Com isso verifica-se que o óleo possui maior eficiência para o resfriamento.

Os óleos isolantes mais utilizados nos transformadores são os minerais, os vegetais e os sintéticos. E para que o óleo isolante realize o seu desempenho de forma apropriada o mesmo deve possuir características básicas:

- Alta rigidez dielétrica;
- Elevada capacidade de dissipação de calor;
- Não deve atacar a isolação sólida do transformador;
- Baixo ponto de combustão;
- Baixa capacidade de solubilização de gases e umidade;
- Viscosidade apropriada que permita circular e transferir calor;
- Elevada resistência à oxidação.

De acordo com a NBR 14039, que trata das instalações elétricas em média tensão, o projeto e a instalação do transformador deve ser realizado conforme o tipo de transformador escolhido, a fim de garantir uma maior segurança. Existem quatro pontos-chaves a serem considerados para que se determine qual modelo de transformador será instalado.

O primeiro ponto a ser verificado está relacionado à segurança do transformador. Neste aspecto o transformador a óleo tem uma maior desvantagem referente ao a seco, em consequência do óleo utilizado que é altamente inflamável, então os transformadores a óleo devem ser instalados em locais mais isolados, com todo um sistema de combate à propagação de fogo.

O segundo ponto a ser verificado é a localização em que o transformador será instalado e onde estão localizadas as máquinas que se refere ao uso desses equipamentos. A distância deve ser analisada, devido ao cabeamento de alta tensão, em consequência um alto custo conveniente ao elevado grau de proteção. Dito isso o transformador a seco sai na frente, pela sua instalação ser adequada dentro de empresas, conseqüentemente mais próximos dos equipamentos.

O terceiro ponto a ser observado diz ao custo de manutenção, como peças de reposição e o tempo para a realização de manutenção.

Já o quarto ponto se refere à questão ambiental, que atualmente é tão importante quanto aos três pontos citados anteriormente. Mesmo que o local de instalação seja preparado para tal finalidade, um possível vazamento de óleo pode contaminar uma área, gerando uma multa para a empresa recorrente.

### **3. PARALELISMO DE GERADORES E A ENGENHARIA ELÉTRICA**

No âmbito da saúde é de suma importância o constante fornecimento de insumos para manter o seu funcionamento, por ser uma área que preserva a saúde humana. Nos hospitais esse fornecimento se torna imprescindível de várias formas, principalmente em energia elétrica, pois existem equipamentos de alto e baixo consumo que podem salvar vidas. Em caso de falha energética uma respiração pode ser interrompida, uma reanimação cardíaca pode não ser feita, uma cirurgia pode ser cessada, entre outras atividades que necessitam desse insumo.

A engenharia elétrica trás metodologias e formatos, os quais podem ajudar a manter o fornecimento seguro e constante em casos específicos de abastecimento energético. Atualmente os hospitais possuem a obrigatoriedade do uso de geradores, no entanto isto não garante o fornecimento de energia, pois os geradores podem apresentar falhas e não funcionar. Com isso uma das metodologias é o sistema de paralelismo entre geradores, que descarta possíveis *blackouts* no abastecimento, devido à falha de uma das máquinas geradoras, já que todos os geradores estão interligados em um barramento único, mantendo o fornecimento contínuo em casos emergenciais.

#### **3.1. PARALELISMO DE GERADORES EM AMBIENTE HOSPITALAR**

A busca crescente por qualidade e menor custo de energia elétrica faz com que, o mercado esteja sempre em busca de novas tecnologias e melhorias em seus sistemas de geração, transmissão e distribuição da energia elétrica.

Em diversas situações, a necessidade de fontes de energia confiáveis, é de extrema importância, no entanto no âmbito hospitalar, especificamente, se torna imprescindível e obrigatório, devido à existência de equipamentos clínicos, os quais mantem a estabilidade vital dos pacientes, tornando o fornecimento de energia um fator inevitável.

Entretanto, a geração de energia elétrica no Brasil, atualmente, que em grande parte é oriunda de hidroelétricas, não possui um compartilhamento totalmente confiável. Ainda existem muitas falhas, principalmente na distribuição dela. Com isso, se torna necessária a utilização equipamentos que, em caso de alguma falha no setor de distribuição, empresas de grande porte e principalmente

aquelas que prestam apoio à vida, necessitam de um backup em seu setor energético.

Com a necessidade, muitos equipamentos que designam tal função foram inventados e melhorados. O mais comum e com melhor custo benefício são as máquinas que utilizam a queima de combustível para geração de energia elétrica, os geradores.

Os geradores possuem inúmeras vantagens, como a proximidade da unidade consumidora, possuem tamanhos consideravelmente compactos, são calculados de acordo com a demanda energética do local, utiliza, como combustível, o diesel para a geração, por exemplo. Entretanto, são máquinas que podem apresentar uma variabilidade de erros, principalmente em sua partida.

As falhas apresentadas podem ser solucionadas de forma instantânea, mas muitas das vezes podem ser de difícil resolução, necessitando do suporte técnico qualificado no local, que normalmente não é um serviço disponível imediatamente. Pensando nisso, dentro de situações com problemática maior, na qual necessita de mais de um gerador podemos utilizar o método do paralelismo.

O paralelismo necessita de dois ou mais geradores, que trabalham de forma inteligente, com ele o risco da falta de energia se reduz praticamente à zero, pois com a falha de qualquer um dos geradores, o sistema sente a necessidade de acionar outro gerador.

Além da confiabilidade no sistema, com o paralelismo entre geradores, há a possibilidade de minimizar um problema ambiental e econômico. A queima excessiva do combustível desnecessária, pois só será necessário o acionamento da quantidade de máquinas geradoras necessárias para suprir a demanda energética.

### 3.1.1. A importância do Paralelismo de Geradores

Em âmbitos, que contam com um fornecimento de energia emergencial, com mais de um gerador, em que o seu acionamento é realizado de forma individual, em caso de falha na alimentação da rede, existe um quadro de transferência para cada gerador. Com isso, caso um dos geradores entre em falha, parte da carga não contará com a alimentação energética, ocasionando um *blackout*. Assim, como alternativa para solucionar o problema momentâneo, o reestabelecimento da energia

à carga é feito por um operador, que realiza uma manobra emergencial manualmente, transferindo assim a carga destinada ao gerador em falha para os outros geradores. Nesse sentido pode colocar em risco a vida do operador bem como, a vida de pessoas que necessitam da energia elétrica para sobreviver, como em hospitais.

Além disso, a automatização em sistemas de paralelismo de geradores entra no mercado tornando o sistema de emergência seguro e confiável, visto que a potência consumida é dividida entre os geradores (devido a ligação em paralelo). Em caso de falta energética oriunda da concessionária os geradores funcionarão de acordo com a demanda solicitada no local naquele momento, por outro lado, se um gerador falhar o outro gerador será acionado ou os demais que já estão em funcionamento assumirão a carga total do consumidor.

Em suma, o estudo abordará a modernização de grupos de geradores em sistemas hospitalares com base na disponibilidade de energia elétrica, confiabilidade, economia do diesel e a eficiência do sistema. Em contrapartida, visa a possibilidade de sua aplicação em outros locais.

#### 4. CONFIABILIDADE ENERGÉTICA

As fontes de energia elétrica de emergência, composto por grupos de geradores a diesel, assegura a confiabilidade energética necessária a qualquer tipo de serviço, até mesmo os essenciais, é uma necessidade que vem crescendo atualmente.

Nos serviços essenciais, a falha do fornecimento de energia elétrica representa um grande risco e prejuízos, não somente como o financeiro, mas principalmente aos usuários de seus serviços, no qual as consequências não são avaliadas, no caso de um hospital, pacientes podem vir à óbito.

Com o crescimento das metrópoles, o sistema que faz o suprimento de energia operado pelas concessionárias vem demonstrando cada vez mais insegurança no fornecimento de energia, chegando a acontecer quedas de energia deixando mais de setenta milhões de pessoas em regiões mais desenvolvidas do Brasil, sem abastecimento energético.

Em hospitais o fornecimento de energia deve ser sempre contínuo e confiável, em salas cirúrgicas dentre outras cargas fundamentais ao setor de saúde exigem geradores para o caso de uma falha de energia da rede principal. Quando ocorre está falha de energia é colocado em risco a vida de pacientes, e os equipamentos hospitalares essenciais devem continuar funcionando para manter a segurança de seus pacientes.

E é justamente neste momento quando há a queda da energia da rede que entra a importância dos geradores, trazendo a confiabilidade para o sistema, o gerador entra de forma automática para assegurar que as cargas permaneçam funcionando até que a concessionária reestabeleça a energia elétrica. E com a busca para gerar energia de uma maneira mais eficiente e barata leva a várias soluções, como o grupo de geradores.

Com o paralelismo consegue tornar o sistema mais confiável, caso o fornecimento de energia for feito através de um único gerador basta haver uma falha para que todo o sistema pare de funcionar. Entretanto, um sistema que há o paralelismo de geradores garante o funcionamento devido aos outros geradores. Em hospitais onde a energia é muito importante este tipo de operação é essencial.

Como em um ocorrido mais recente no Hospital Municipal, Ronaldo Gazolla, dois pacientes faleceram após a queda de energia que durou alguns minutos, com o relato do profissional de saúde houve a morte, pois o gerador de energia do hospital falhou e com esta falha equipamentos essenciais não funcionaram. Logo, ela não acarretou somente o falecimento desses dois pacientes, como também complicações no estado de saúde de mais pessoas que necessitavam da energia elétrica.

As mortes de pacientes por *blackout* de energia não acontecem somente no Brasil, mas também em outros países como o ocorrido na Venezuela, após uma queda de energia no Hospital Manuel Núñez Tovar de Maturín, no estado de Monagas 15 pessoas morreram devido à falha do fornecimento de energia.

## **5. TIPOS DE CONEXÕES COM A CONCESSIONÁRIA**

Atualmente no mercado podemos encontrar o paralelismo em regime permanente, o paralelismo em regime momentâneo e sem paralelismo, e de acordo com PRODIST Módulo 3 – Acesso ao Sistema de Distribuição da ANEEL, as conexões aplicadas entre o cliente e o sistema da acessada não pode causar problemas técnicos ou de segurança aos demais usuários, ao sistema de distribuição e ao pessoal envolvido com a sua operação e manutenção.

Parte das instalações elétricas da unidade consumidora atendida em tensão primária de distribuição que agrupa os equipamentos, condutores e acessórios destinados à proteção, medição, manobra e transformação de grandezas elétricas. (ENERGISA, 2018)

No estudo apresentado, o paralelismo está sendo aplicado apenas entre o grupo de geradores e não com a carga. Logo, têm-se o seguinte processo, com a falta de energia fornecida pela concessionária são acionados os quatro geradores (inicialmente com os disjuntores desarmados). Um gerador referencial podendo ser chamado de mestre orienta as outras máquinas geradoras, sincronizam-se e em seguida armam-se os disjuntores. Todo o processo é programado e monitorado por uma USCA, sendo aplicada a conexão Sem Paralelismo com a concessionária.

### **5.1. PARALELISMO EM REGIME PERMANENTE**

No regime permanente, o sistema utiliza dispositivos que sincronizam e compatibilizam os valores elétricos do gerador com a rede, como funciona no regime momentâneo, no entanto, os disjuntores de rede e do gerador encontram-se fechados durante o momento em que os geradores estão atuando.

De acordo com a ENEL, os geradores arcam com toda ou parte da carga alimentada pela rede, atuando dessa maneira até que seja dado o comando para o gerador devolver a carga à rede e posterior abertura do disjuntor do gerador. Já o acoplamento e o desacoplamento do disjuntor do gerador com a rede não induzem a qualquer interrupção na alimentação das cargas. Ainda passa a ser obrigatório a instalação chaves tripolares telecomandadas na entrada de energia do consumido, garantindo a segurança e as atividades operacionais.

Segundo, MARDEGAN, pode-se aplicar as funções 67/67N nos casos de linha dupla de entrada (que operem permanentemente em paralelo, ou seja, sem transferência automática de linha), uma vez que, a proteção direcional de sobrecorrente em CA, desconecta o defeito entre as fases, não produzindo um disparo direto, e sim, monitorando a operação de outros relés, já o 67N, que tem como objetivo a proteção de sobrecorrente ao neutro. Assim sendo, ambos enxergarão a linha, de forma que uma linha não retroalimente o curto-circuito na outra linha.

Logo, considera-se uma alternativa diferente, uma vez que, para sistemas industriais supridos exclusivamente pela concessionária, a proteção de entrada é normalmente constituída por um relé com as funções 50/51 para fase e 50/51N para neutro, entretanto, ambos atuaram de forma instantânea (MARDEGAN,2010).

## **5.2. PARALELISMO EM REGIME MOMENTÂNEO**

É o modelo de sincronização e compatibilização de grandezas elétricas entre gerador e rede distribuidora, em que esse acoplamento permitirá com que o quadro transferência em rampa (QTR) atue entre eles com a durabilidade de um período máximo de 15 segundos no momento de partida e desligamento.

De acordo com o site ABC Geradores, o QTR visa à operação ininterrupta de cargas para operações em horário de ponta é, o período do dia que dá-se um aumento na tarifa devido a demanda por consumo de energia elétrica, assim sendo, no horário que costuma ocorrer entre dezessete horas e vinte e um horas, o grupo gerador dá início a sua operação, onde o mesmo entra em funcionamento e logo após sincroniza as grandezas elétricas com a concessionária local, todo o processo é supervisionado por um controlador, onde e é enviado um sinal para fechamento de chave do gerador junto com a abertura da chave da rede.

Logo é solicitado carga pelo grupo gerador gradualmente até o valor previamente determinado ou demanda total da carga que esteja dentro dos limites do grupo gerador. Quando o horário programado de desligamento for atingido será efetuada a operação inversa, portanto o controlador sincroniza o grupo gerador com a concessionária local e a chave de rede é fechada onde o mesmo fará a devolução de carga gradualmente para a concessionária e assim abre-se a chave de gerador sem interrupção de energia para a carga e o grupo gerador entra em resfriamento.

O grupo gerador ainda estará habilitado para operar no modo AMF (Automatic Mains Failure) que se traduz em falha na rede elétrica automática, podendo então monitorar o fornecimento de energia e acionar automaticamente o gerador na condição de emergência, por falta de energia, realizando a transferência de carga por comando das chaves de comutação.

Se porventura houver uma falha da concessionária o sistema de operação emergencial do grupo gerador, funcionaria conforme a figura 19.

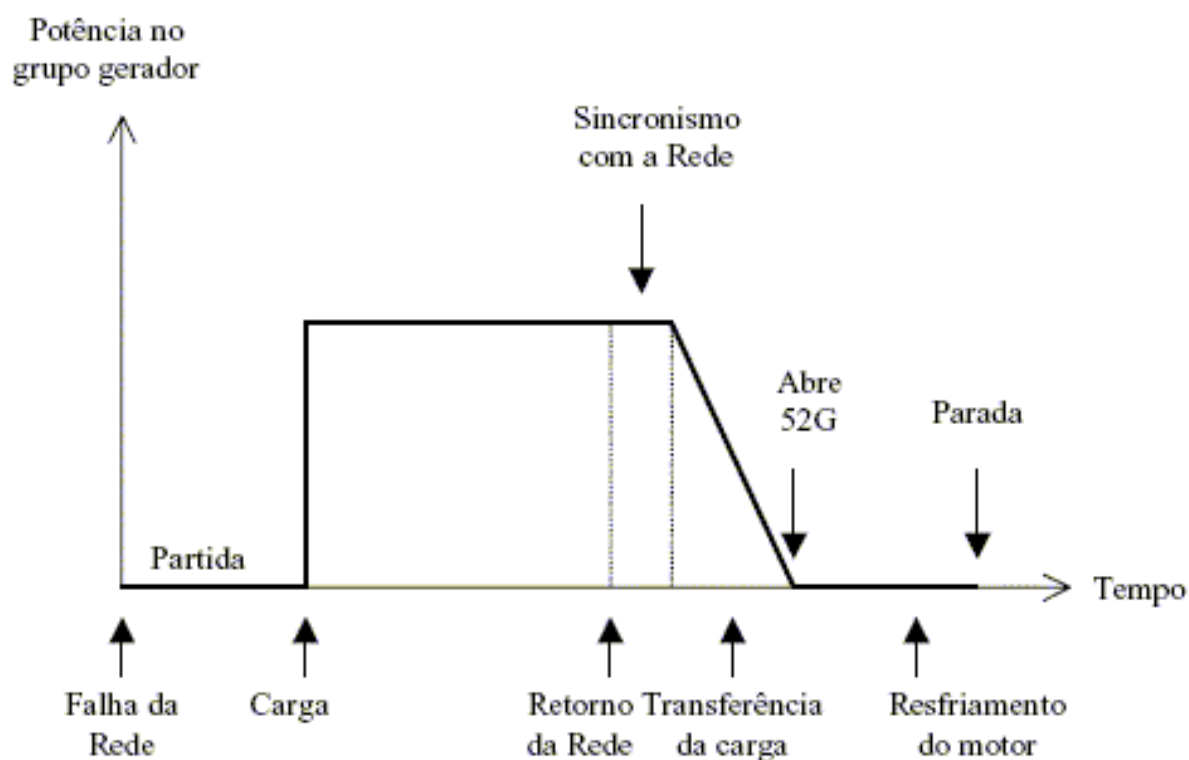


Figura 19 - Transferência com rampa de carga

Fonte: PERFECTUM, Serviços de Engenharia Ltda (2009).

Podemos observar acima que com a transferência de carga em rampa é feita sincronizando o grupo gerador com a rede e, logo depois, há o fechamento das chaves de paralelismo (52). O paralelismo, feito por um sincronizador automático, controla tensão e frequência do grupo gerador e verifica a sequência de fases. (PEREIRA, 2009)

### 5.3. SEM PARALELISMO

Neste tipo de sistema que não há o paralelismo entre a concessionária e o consumidor, sendo que quando ocorre uma transferência sempre haverá um micro interrupção na alimentação das cargas.

Logo, o sistema consiste em dois circuitos distintos, sendo um proveniente da concessionária e outro do grupo gerador, separados fisicamente por disjuntores, contatores ou chave reversora, como mostra o diagrama 1.

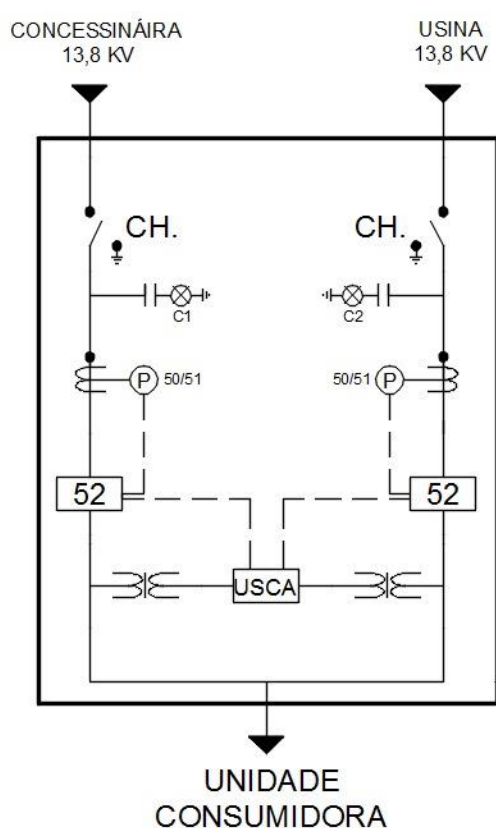


Diagrama 1 – QTA Sem paralelismo

Fonte: Autores (2020).

Segundo a AES, o sistema é então operado de forma automática em regime de emergência, por intermédio dos relés, que identificam a falha da concessionária, assim há a abertura do disjuntor de rede e fechando o disjuntor do gerador, logo iniciando a partida do grupo motor gerador que assume a carga a ele destinada.

Mediante a comprovação de que há tensão da rede, o processo inverte, de um tempo de confirmação do retorno da tensão da rede, o sistema aciona a abertura

do disjuntor do gerador e fechamento do disjuntor de rede, em seguida ocorre o resfriamento e desligamento das máquinas

Nos sistemas em que se aplica uma chave comutadora, o processo operacional, não há disjuntores/contatores, o fechamento do circuito é por meio de contatos da chave comutadora, isto é, o disjuntor da rede ou o disjuntor do gerador, jamais acionaram juntos e sim, atuaram uma fonte de cada vez.

## 6. ESTUDO DE CASO

O estudo em questão irá mostrar os benefícios trazidos pela transição de um sistema emergencial de energia com seis máquinas geradoras funcionando de forma independente, para um sistema com paralelismo atendendo todo o complexo hospitalar com apenas quatro máquinas. O caso em questão se passa no hospital Unimed na cidade de Volta Redonda – RJ.

### 6.1. SISTEMA ATUAL

O hospital estudado não teve a sua unidade atual construída de uma só vez, ele foi crescendo aos gradativamente, ou seja, inicialmente criaram um setor e com o passar dos anos, outros setores foram inaugurados, de acordo com a necessidade de utilização. Com o isso, os geradores foram adquiridos e instalados separadamente, gerando uma descentralização de energia emergencial.

Na figura 20 podemos observar o layout de alimentação energética do hospital Unimed de Volta Redonda:

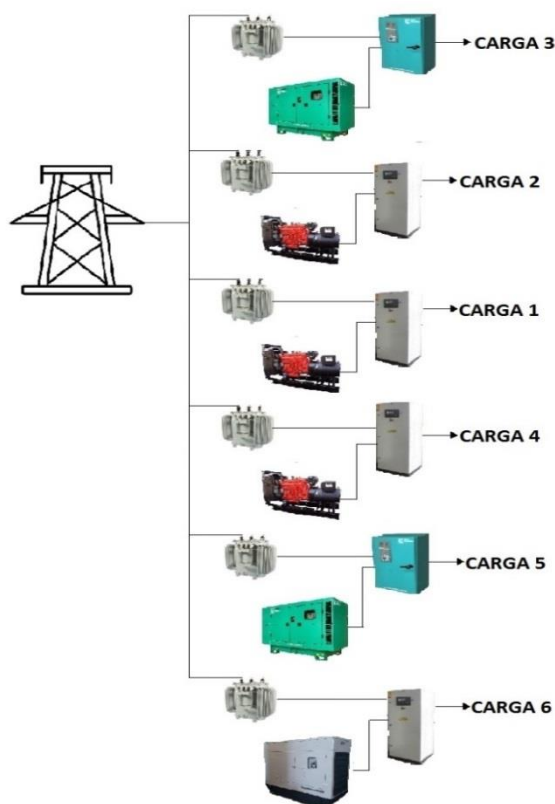


Figura 20 - Layout de alimentação energética

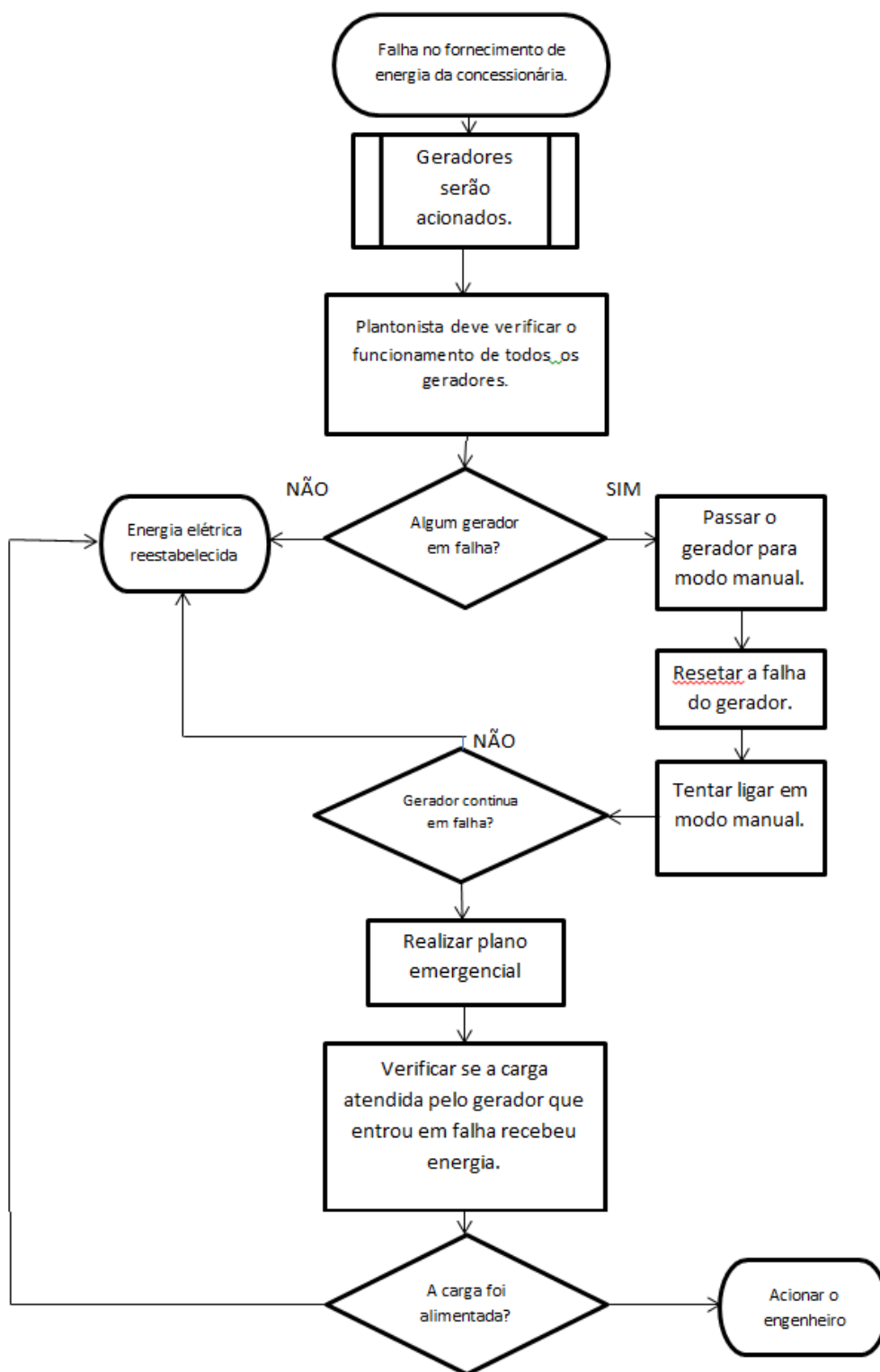
Fonte: Autores (2020).

Como podemos observar na figura 20 mostrada acima, o funcionamento do sistema de alimentação emergencial do hospital, atualmente, é de forma descentralizada, ou seja, existe um gerador com um quadro de transferência Automática para atender as cargas 1, 2, 3, 4, 5 e 6, que representam setores do hospital. As cargas de 1 a 4, são referentes às unidades do hospitalares, a carga 5 refere a carga da sede administrativa e a carga 6 é destinada ao centro cuidar.

Por se tratar de um sistema descentralizado, em caso de uma queda energética oriunda da concessionária e uma possível falha de uma ou mais máquinas geradoras, as cargas atendidas pelas mesmas ficarão sem receber energia elétrica. Além das graves consequências geradas pela falha de um gerador, ainda podemos ressaltar o consumo desnecessário de combustível.

O combustível que alimenta os geradores instalados no hospital é o diesel, oriundo do petróleo, uma fonte de energia não renovável. Os impactos ambientais dessa atividade são significativos, pois podem afetar o solo, a atmosfera e o corpo hídrico. Dessa forma, com o sistema atual, o somatório do consumo de diesel dos quatro geradores gera uma alta emissão de gases poluentes.

Em caso de uma falha de alimentação principal oriunda da concessionária, os eletricitas plantonistas devem parar qualquer atividade que estejam realizando para se atentar e verificar se todos os geradores estão em perfeito funcionamento e alimentando suas devidas cargas. Para um melhor entendimento das ações que devem ser tomadas, podemos ver o fluxograma 1 mostrado abaixo:



Fluxograma 1

Fonte: Autores (2020).

### 6.1.1. Plano emergencial

Os geradores são máquinas compostos por diversos componentes elétricos e mecânicos com isso, torna-se comum de ocorrerem falhas que impedem a partida ou funcionamento de um gerador. Os erros podem ocorrer por algum desgaste em seus componentes ou até mesmo nas configurações dos seus controladores, que impedem o seu perfeito funcionamento. Para minimizar as suas consequências, foi implementado no hospital Unimed de Volta Redonda - RJ, uma manobra de transferência de carga, nomeada plano emergencial.

O plano emergencial é uma solução paliativa, foi criada para suprir a demanda energética em caso de falha de algum gerador. Em um ambiente com mais de um gerador em uso, no plano emergencial o gerador que sofreu falha deixará de abastecer aquela carga a ele destinada, então outro gerador, em perfeitas condições de funcionamento, abastecerá sua carga e a carga do gerador em falha.

Para aplicar o plano emergencial, os eletricitas do hospital devem estar treinados para realizar as manobras necessárias, eles devem armar e desarmar disjuntores específicos, destinados ao plano, que ficam distribuídos pelos racks do hospital. Existe um plano de contingência e um cartão de porte obrigatório a todos os eletricitas, que podemos ver na figura 21, que mostra o passo a passo que deve ser realizado em caso de falha de um gerador.

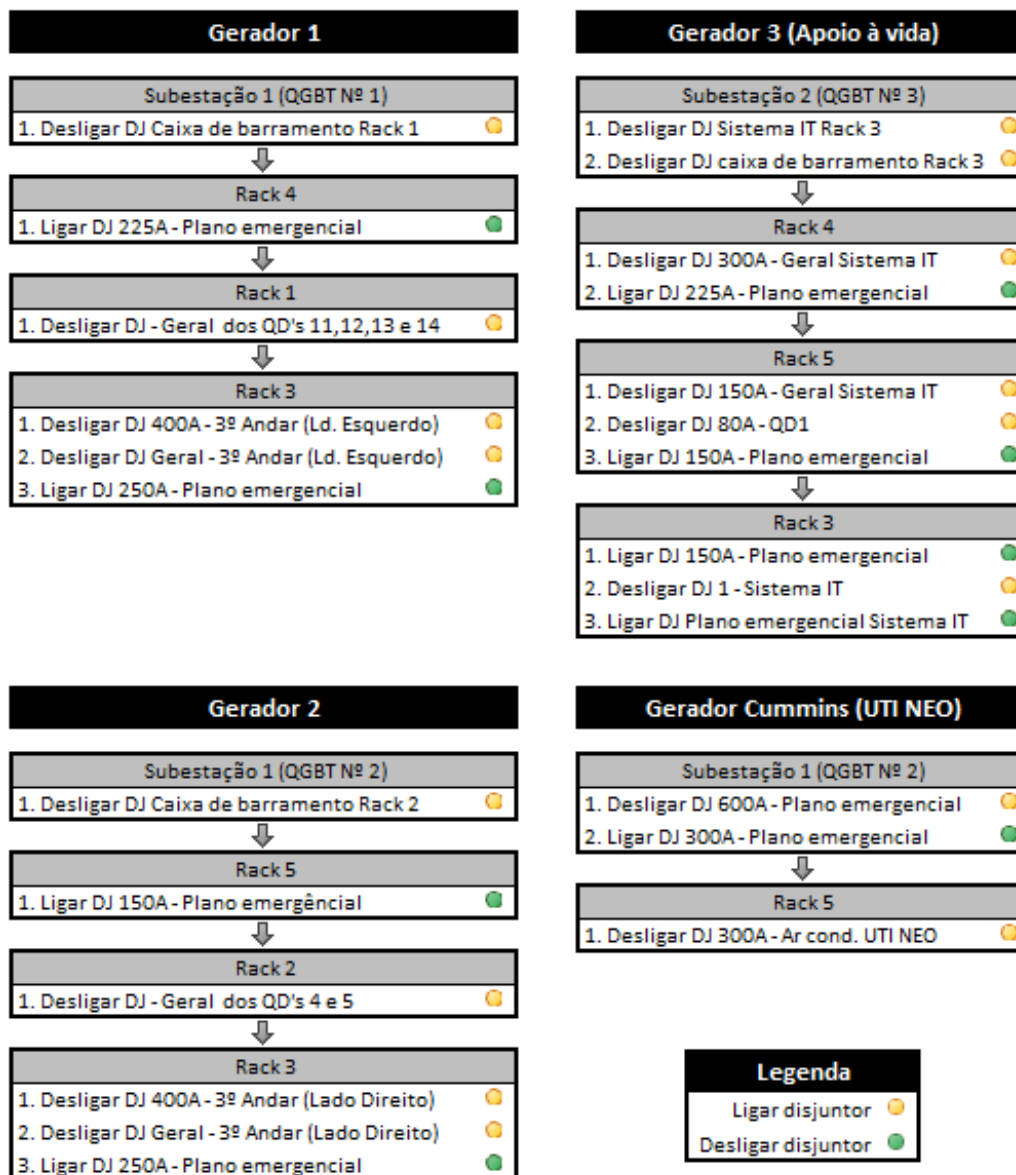


Figura 21 - Cartão passo a passo plano emergencial.  
Fonte: Unimed Volta Redonda – RJ (2020).

Todos os quadros e disjuntores são identificados com uma etiqueta com as cores da legenda acima, para facilitar o processo e a visualização da manobra. As figuras 22 e 23 mostram um exemplo de painel com plano emergencial.



Figura 22 - Quadro com plano emergencial  
Fonte: Autores (2020).



Figura 23 – Disjuntores do quadro com plano emergencial  
Fonte: Autores (2020).

Ao realizar a manobra emergencial é necessário que algumas cargas sejam desligadas, pois o gerador que assumiria a função de alimentador das mesmas não tem potência suficiente. Apenas as cargas vitais passam a receber tensão, até que o problema seja solucionado. Cargas vitais são aquelas que afetam diretamente na vida dos pacientes, normalmente situadas em centros cirúrgicos, CTI's, entre outras espalhadas por um complexo hospitalar.

O plano emergencial foi uma solução eficiente, pois consegue atender as cargas essenciais do hospital, em caso de alguma falha. Porém é de elevado risco, pois se o eletricista executar alguma manobra errada, ele pode danificar a integridade dos circuitos instalados no hospital, ou até mesmo no momento de emergência, pode ser que ele não consiga executar a manobra.

### 6.1.2. Casos de vítimas devido à falta de energia

A confiabilidade energética é de fundamental importância nos hospitais, por isso torna-se obrigatório a instalação de geradores em ambientes hospitalares que contam com unidades que mantêm a estabilidade vital de um paciente. Existem alguns casos que pela falta dela, pacientes que precisavam de aparelhos perderam suas vidas.

Em uma situação de pandemia, como a ocorrida em 2020 (covid-19) o problema passa ser ainda mais crítico, porque os pacientes em estado graves precisam do auxílio de respiradores, como mostrado o na figura 24, para manter suas capacidades vitais. Os respiradores elétricos são equipamentos que utilizam da energia para ajudarem na respiração dos pacientes. Eles contam com bateria para que em caso de pico de energia, não sofram qualquer impacto. Mas se as baterias estiverem estragadas ou descarregadas, deixam de exercer o seu papel e só funcionam com a alimentação principal, caso contrário, deixam de funcionar.



Figura 24 - Modelo de respirador  
Fonte: SALDAÑA; COLETTA (2020).

No dia 02 de maio de 2020, onze pessoas sofreram parada respiratória, porém duas delas não conseguiram ser reanimadas e morreram devido ao não

funcionamento dos respiradores. O fato ocorreu no hospital Ronaldo Gazolla, localizado na cidade do Rio de Janeiro – RJ. Segundo funcionários que trabalham no hospital, os respiradores eram antigos e não contavam com bateria própria. Com o alto índice de falha na rede de alimentação de energia da concessionária local, e uma falha no gerador do hospital, houve um déficit energético de cinco minutos. A reportagem do fato foi relatada na página do G1 da empresa Globo no dia 8 de maio de 2020 (G1, 2020).

## **6.2. PARALELISMO**

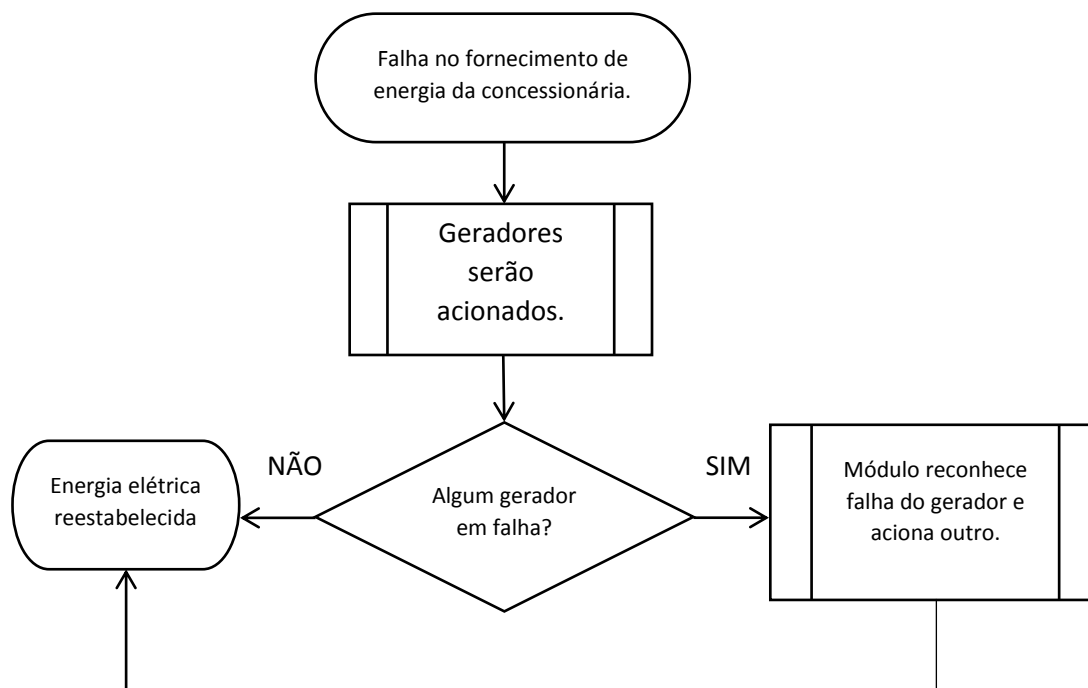
Como vimos nos tópicos anteriores apenas a instalação de máquinas geradoras nas unidades hospitalares, não torna o abastecimento energético nem próximo de ser confiável. O plano emergencial, citado no tópico 1.1. proporciona ao sistema um pouco mais de garantia. Porém é uma manobra de alto risco e ainda necessita de um suporte técnico devidamente treinado para executá-lo no momento da emergência.

Em abril de 2019, houve uma falha em um dos geradores do hospital Unimed de Volta Redonda, que ocorreu em consequência de uma sequência de quedas energéticas pela fornecedora de energia. O módulo instalado no quadro de distribuição reconheceu as quedas sequenciais e tentou realizar a partida do gerador, porém após a terceira partida entrou em falha, impedindo o seu funcionamento.

A equipe de engenharia estudou o caso e chegou à conclusão que era necessário a aplicação de um novo método para deixar o sistema energético mais confiável. Dentre as opções o paralelismo foi a que melhor se ajustou ao local. Assim sendo, foi escolhido por ser um método já testado e comprovado. Com ele uma possível pane energética reduz-se praticamente a zero.

Com o novo sistema, além da redução de falta energética em uma possível falha de um gerador, também houve uma redução no número de geradores, pois quatro geradores fornecem potência suficiente para alimentar a unidade existente. Além de um sistema eficiente e mais econômico, ainda se reduziu a chance de alguma falha humana ao realizar o plano emergencial, aplicado anteriormente em caso de falha e Podemos ver no fluxograma 2 que o sistema com paralelismo torna-

se mais simples e os próprios módulos de controle são responsáveis por acionar outra máquina em caso de falha.



Fluxograma 2

Fonte: Autores (2020).

### 6.2.1. Configuração do paralelismo

Existem algumas formas de se aplicar o paralelismo entre os geradores. Como gerar e realizar o paralelismo em baixa tensão, gerar em baixa e aplicar o paralelismo em média tensão e diversas outras. Após alguns estudos verificou-se que a melhor maneira é de realizar o paralelismo em média tensão, no caso específico em 13,8 KV, tensão é a de funcionamento primário do hospital.

A geração será realizada em baixa tensão, 440 V, devido às configurações dos geradores e posteriormente a tensão gerada será transformada para 13,8 KV e após a transformação será realizado o paralelismo entre os geradores. O diagrama 2 apresenta o funcionamento anterior com a alimentação sem paralelismo e o diagrama 3 a aplicação do novo sistema com o paralelismo.

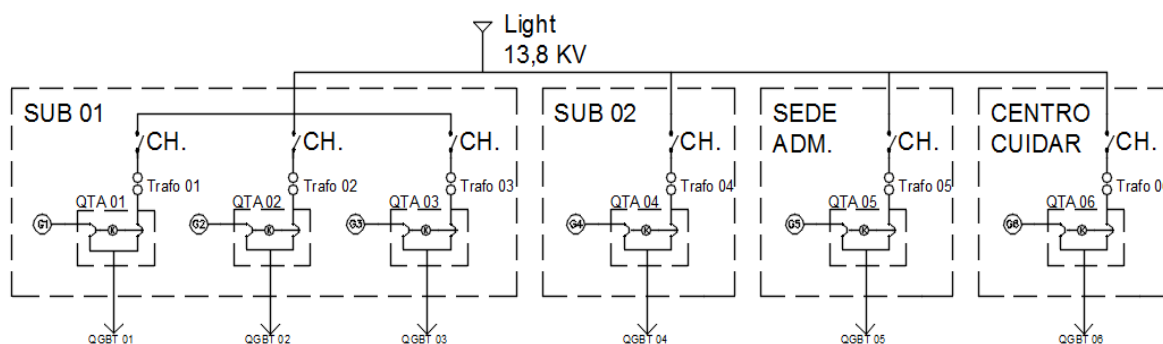


Diagrama 2 - Diagrama energético de alimentação atual

Fonte: Autores (2020).

#### Legendas:

- CH = Chave seccionadora;
- G = Gerador;
- QTA = Quadro de Transferência Automática;
- SUB = Subestação;
- Trafo = Transformador;
- QGBT = Quadro Geral de Baixa Tensão.

#### Dados:

- Gerador 1, 2 e 4:
  - Motor: SCANIA;
  - Tensão gerada: 127 V (Fase – Neutro) e 220 V (Fase – Fase);
  - Potência nominal: 575 KVA;
  - Frequência: 60 HZ.
- Gerador 3:
  - Motor: CUMMINS;
  - Tensão gerada: 127 V (Fase – Neutro) e 220 V (Fase – Fase);
  - Potência nominal: 650 KVA;
  - Frequência: 60 HZ;
- Transformador 1, 2 e 4:
  - Função: Abaixar a tensão de 13,8 para 0,220 e 0,127 KV;

- Potência: 750 kVA.
- Transformador 3:
  - Função: Abaixar a tensão de 13,8 para 0,220 e 0,127 KV;
  - Potência: 1 MVA.

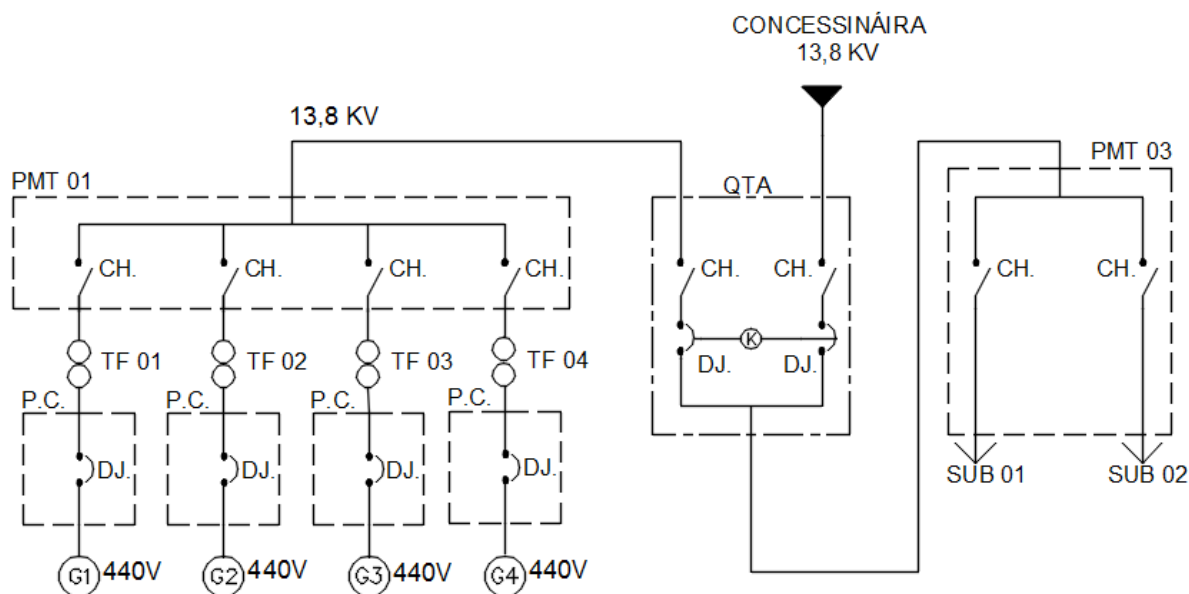


Diagrama 3 - Diagrama do paralelismo entre geradores

Fonte: Autores (2020).

Legendas:

- CH = Chave seccionadora;
- G = Gerador;
- QTA = Quadro de Transferência Automática;
- SUB = Subestação;
- TF = Transformador;
- PMT = Painel de Média Tensão;
- DJ = Disjuntor;
- K = Inter travamento.

Dados:

- Gerador 1, 2 e 4:
  - Motor: SCANIA;
  - Tensão gerada: 440 V (Fase – Fase);
  - Potência real: 500 KW;
  - Frequência: 60 HZ.
  
- Gerador 3:
  - Motor: CUMMINS;
  - Tensão gerada: 440 V (Fase – Fase);
  - Potência real: 500 KW;
  - Frequência: 60 HZ;
  
- Transformador a seco 1, 2, 3 e 4:
  - Função: Elevar a tensão de 0,44 KV para 13,8 KV;
  - Potência: 750 kVA;
  - Impedância: 5,51%;

A aplicação do paralelismo em média tensão traz como benefício os pontos mostrados abaixo:

- Facilidade na manutenção:

Caso o paralelismo fosse realizado em baixa tensão, alguns pontos do circuito ficariam impossibilitados receber as devidas manutenções. Já com a aplicação do barramento único em média tensão possibilita uma facilidade na manutenção, devido à independência nos condutores de todos os geradores;

- Espaço reduzido para sua instalação:

O paralelismo em baixa tensão traria como consequência a aquisição de transformadores mais robustos, porém o espaço para a instalação do mesmo era reduzido.

- Menor custo com transformadores:

Com a aplicação em média tensão, os transformadores de 750 KVA que possuem a finalidade de elevar a tensão de 440 V para 13800 V, já realizam a função de redundância do sistema, pois em caso de falha de alguma máquina, existem outros três para suprir a necessidade. Com a aplicação em baixa tensão, seria necessária a aquisição de dois transformadores com capacidade para 3 MVA, um redundante ao outro. Elevando consideravelmente o custo da instalação.

Além disso, a instalação de transformadores de elevadas potências favorece a um maior consumo, quando comparado com transformadores de menores potências. Muitas das vezes o seu alto consumo se deve, ao aquecimento gerado pelo fluxo de corrente em seu interior, necessitando de um sistema de ventilação forçado.

- Menor custo com condutores:

A aplicação de paralelismo em média tensão traz a grande vantagem de redução nas bitolas dos cabos de ligação. Isso é consequência do elevado fluxo de corrente circulante nos condutores. Como os quatro geradores possuem a capacidade de gerar um total de 2 MW, a intensidade da corrente seria de elevada magnitude nos cabos que ligariam o barramento único ao transformador elevador.

Podemos verificar através do cálculo abaixo:

- Paralelismo em 440 V:

$$I = \frac{2 \times 10^6}{\sqrt{3} \times 440} = 2624,32 \text{ A}$$

- Paralelismo em 13800 V:

$$I = \frac{2 \times 10^6}{\sqrt{3} \times 13800} = 83,67 \text{ A}$$

Como podemos ver nas fórmulas comparativas acima, o valor total de corrente se reduz, conseqüentemente reduz-se também a seção transversal dos condutores de interligação e de um possível barramento no painel de paralelismo.

- Tornar a alimentação do hospital mais segura:

Para uma maior confiabilidade no sistema, foi realizado um fechamento em anel na alimentação do hospital. Este fechamento favorece ao sistema energético total segurança quando se refere a uma possível ruptura nos cabos de alimentação. Com o paralelismo em baixa tensão, o fechamento da malha alimentadora teria um custo mais elevado devido a aquisição de mais cabos para atender o alto valor de corrente circulante.

Concluimos que no caso em específico da Unimed VR, a aplicação de paralelismo em média tensão tornou-se mais viável, mesmo sabendo que tal configuração apresenta maior risco, porém com todas as proteções realizadas conforme as normas, o sistema se mostrou confiável.

### **6.3. SINCRONISMO**

O paralelismo entre os geradores é um processo que demanda algumas particularidades no sistema, como a tensão de geração que deve ser a mesma em todas as máquinas, e para a realização de paralelismo é necessário que as máquinas entejam devidamente sincronizadas. O sincronismo depende de alguns fatores citados abaixo:

- Sequência de fases, os geradores utilizados no projeto são trifásicos, então a sequência das fases entre os geradores e no barramento das cargas devem ser as mesmas.
- Frequência requerida, é a quantidade de ciclos completos que uma onda senoidal realiza por segundo, mostrada na figura 25. O sistema brasileiro é, em sua grande maioria, configurado com uma frequência de 60 hertz. Para o perfeito sincronismo a frequência de todas as máquinas devem ser iguais.

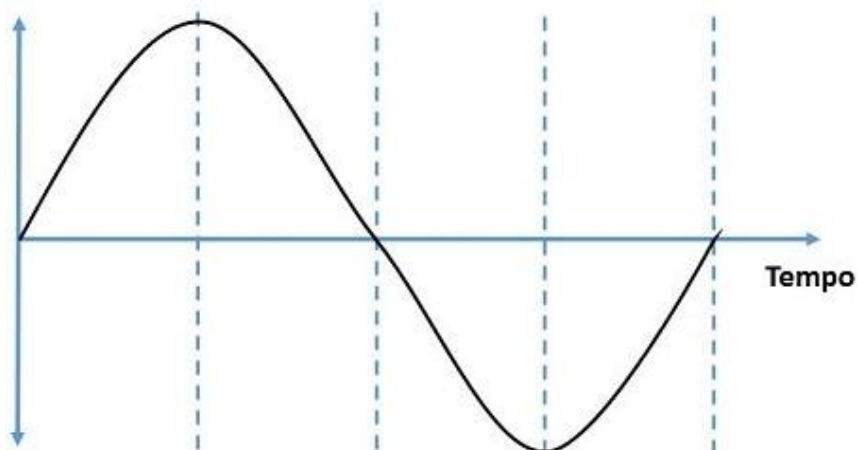


Figura 25 - Onda senoidal

Fonte: Mundo da elétrica (2018).

- Ângulo de defasagem, em um sistema com paralelismo a diferença entre os ângulos das fases devem tender a zero.

A USCA é responsável por monitorar as informações de cada gerador, através das leituras enviadas pelos módulos DSE 8610. A tensão gerada, frequência e ângulo de defasagem são analisados a todo o momento, principalmente na partida das máquinas. Quando o acionamento dos geradores é realizado, o sistema seleciona um gerador como mestre, ou seja, é a partir dos parâmetros fornecidos por ele que o sincronismo é realizado.

A tensão gerada foi estabelecida em 440 V e a frequência em 60 Hertz, porém os ângulos entre as fases serão estabelecidos pelo gerador mestre. Todas as outras três máquinas se ajustarão para atender a configuração das fases do primeiro gerador. Observamos na figura 26 como é realizado o sincronismo.

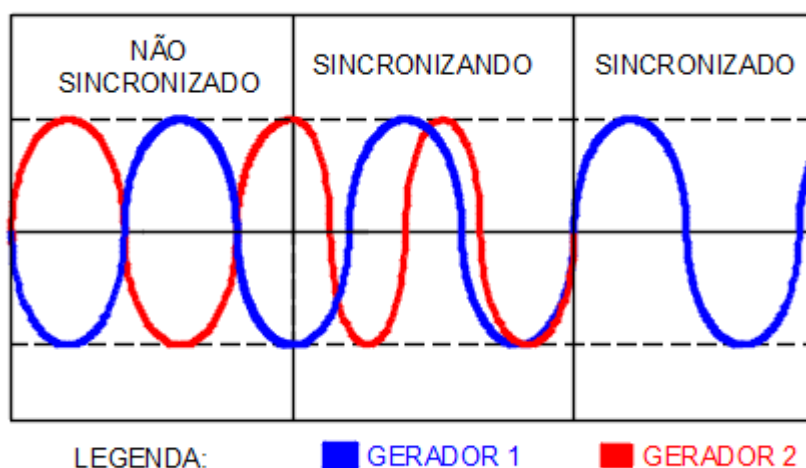


Figura 26 – Sincronismo  
Fonte: Autores (2020).

Na figura mostrada acima, apenas uma das três fases de um sistema trifásico foi avaliada. O gerador 1 é considerado como mestre, ou seja, o gerador 2 deve seguir o seu padrão de fornecimento de tensão, frequência e ângulo de fase. Não sincronizado, é a primeira etapa, onde os geradores são acionados, cada máquina parte de um princípio de angulação.

Após essa etapa, a Unidade de Supervisão de Corrente Alternada, realiza a leitura e envia um comando de sincronismo, com isso as máquinas começam a entrar em sincronismo, como mostrado na etapa “sincronizando”. Quando a USCA verifica que os geradores estão sincronizados, ela fecha o disjuntor situado no quadro de comando de cada gerador, realizando o paralelismo entre as máquinas.

O processo de sincronismo e paralelismo é realizado com os disjuntores desligados, tanto o responsável pela concessionária quanto o responsável pelos geradores. Assim, depois que todas as máquinas estiverem devidamente sincronizadas e em paralelo, o disjuntor destinado aos geradores é acionado e o hospital passa a contar com a alimentação da usina de geração.

#### 6.4. USINA DE GERAÇÃO

Para um perfeito funcionamento do paralelismo e maior facilidade de manutenção, as máquinas geradoras devem ficar próximas umas das outras. Isso não era possível no layout anterior, pois as máquinas foram instaladas em locais

distintos. Para isso foi construído uma usina, que é um estabelecimento equipado por máquinas responsáveis por transformação de energia.

Os geradores existentes no local foram utilizados para a montagem da usina. Como o hospital não pode funcionar sem a existência de um sistema de emergência, no período de mobilização, que se resume a desmontagem, movimentação e instalação no novo local, surgiu a necessidade de locação de máquinas para a substituição delas. Os geradores locados foram de mesma configuração.

A usina é dividida em duas partes, a de geração e a de elevação de tensão. O lado de geração é onde ficam localizados os geradores, como mostrado na figura 27, que fornecem a energia em baixa tensão.



Figura 27 – Usina geradora do hospital Unimed de Volta Redonda  
Fonte: Autores (2020).

Antes da aplicação do paralelismo, a tensão gerada em cada máquina era de 220V (Fase – Fase), pois é a tensão utilizada em grande parte do hospital. Para reduzir no número de cabos, foi definido que a tensão de geração mudaria para 440V. De acordo com a tabela 1 para obtermos uma tensão de 440V, precisamos de alterar o fechamento do alternador para Y (estrela).

Tabela 1 - Tensão e potência geradas.

Modelo	440V – Y					
	220V – YY					
	$\Delta T$	80°C	105°C	125°C	150°C	163°C
GTA312AIDI	kVA	591	678	750	813	844
	kW	473	542	600	650	675

Fonte: Adaptado de Catálogo WEG (2011).

No caso em específico, a alternador trabalha com um  $\Delta T = 105^\circ\text{C}$ . Então, com isso obtemos as seguintes especificações:

- Potência aparente = 678 KVA
- Potência ativa = 542 KW

Com os valores dados na tabela, podemos concluir que o fator de potência do alternador é o seguinte:

$$fp = \frac{543 \times 10^3}{678 \times 10^3} = 0,80$$

Cada gerador conta com um disjuntor de 800 A para proteção em caso de curto circuito e em caso de manutenções. Eles foram definidos a partir dos seguintes cálculos:

Dados:

- Tensão de geração: 440 V;
- Potência de geração: 542 KW

Cálculo:

$$I = \frac{P (W)}{\sqrt{3} \times V}$$

- P (W) = Potência em Watts
- V = Tensão

$$I = \frac{542 \times 10^3}{\sqrt{3} \times 440} = 711,19 \text{ A}$$

Os Geradores mostrados na figura 27 são responsáveis por transformar energia mecânica em energia elétrica através dos motores à combustão que geram o movimento rotacional. O eixo do motor fica acoplado no eixo do alternador, que transforma a energia rotacional em elétrica. Para que haja movimento, é necessário que o motor receba algum tipo de alimentação, no caso o combustível responsável por sua alimentação é o óleo diesel.

Assim, torna-se necessária a armazenagem do combustível em um reservatório. Isso foi fabricado para atender o caso em específico, com determinações de quantidades de saídas e entradas com os diâmetros necessários. O reservatório de capacidade de 5.000 litros, mostrado na figura 28, conta com uma bacia de contenção com capacidade volumétrica de 6.000 litros, 120% da capacidade total do tanque. A capacidade deve ser superior ao volume do tanque, pois em caso de vazamento, ela deve conter o combustível armazenado, e aquele que está na linha de alimentação e retorno dos geradores, de acordo com a NBR 7505.



Figura 28 - Reservatório de óleo diesel de 5.000 litros  
Fonte: Autores (2020).

O diesel contido no reservatório ficará armazenado por um longo prazo, devido ao fato dele ser consumido apenas em casos de falta de alimentação energética da concessionária. Essa armazenagem pode ser prejudicial à qualidade do diesel, pois com o tempo, borras começam a se acumular no fundo do reservatório, causadas por diversos fatores externos. Isto influencia diretamente no funcionamento dos geradores, podendo gerar até mesmo uma falta de sincronismo entre as máquinas.

Para minimizar as consequências de armazenagem do diesel, foi instalada uma bomba com um filtro, responsável por recircular o diesel estocado. A bomba de circulação de combustível conta com uma programação de funcionamento de dois em dois dias. A recirculação é realizada com a sucção do diesel na parte inferior do reservatório, que passa pelo filtro e retorna ao reservatório por um bocal na parte superior.

Além de reduzir drasticamente uma possível falha no motor do gerador, a instalação da bomba de recirculação aumenta também o tempo de manutenção preventiva do reservatório, que normalmente é realizada anualmente. A manutenção consiste em retirar todo o combustível armazenado e realizar a limpeza interna do reservatório.

Ainda do lado da geração foram instalados os quadros com os módulos de controle e as USCA (Unidade de Supervisão de Corrente Alternada), como mostra a figura 29. Os quadros foram instalados nesta posição para facilitar a visualização dos acionamentos dos geradores.



Figura 29 - Quadros de comando  
Fonte: Autores (2020).

Os geradores possuem diversos indicadores de grandezas, como temperatura, velocidade, frequência, tensão, ângulo de fases, entre outras. Para realizar a leitura dessas grandezas e até mesmo para a realização de acionamentos, são utilizados módulos de controle, eles podem ser considerados o cérebro dos geradores, pois são eles que são responsáveis pelas funções de operação da máquina, tanto manual quanto automático.

Existem diversos modelos e fabricantes de módulos, desde aqueles que realizam aplicações das mais simples, como aqueles que conseguem realizar ações mais específicas. No caso em estudo o módulo utilizado no projeto, foi da fabricante Deep Sea, modelo DSE 8610, mostrado na figura 30.



Figura 30 - Módulo DSE 8610  
Fonte: Autores (2020).

Os módulos mostrados na figura 30 foram instalados em quadros de comando individuais para cada gerador. Além do módulo, cada quadro conta com o disjuntor mostrado na figura 31. O disjuntor AF580-30 só é acionado após a máquina a ele destinada estar devidamente sincronizada com as demais máquinas. Posteriormente ao seu acionamento o gerador para a alimentar o barramento de paralelismo.



Figura 31 - Disjuntor AF580-30  
Fonte: Autores (2020).

Após o sincronismo de todas as quatro máquinas existem outros dois módulos, que de forma redundante, controlam os controladores DSE 8610. Eles também são da fabricante Deep Sea. O DSE 335, mostrado na figura 32, é denominado USCA (Unidade de Supervisão de Corrente Alternada), ou seja, ele monitora a rede principal vinda da concessionária e em caso de falha, manda um comando de acionamento para o start dos geradores. Neste tempo de partida das máquinas, a USCA monitora o sincronismo das máquinas, somente após o sincronismo, ela realiza a transferência para a carga.



Figura 32 - Módulo DSE 335  
Fonte: Autores (2020).

No lado de elevação de tensão, existem quatro transformadores a seco, um para cada máquina geradora, conforme figura 33 mostra um dos transformadores e figura 34 o dado de placa dele. Eles possuem a função de elevar a tensão de 440 V para 13,8 KV. No lado de alta do transformador, existe o paralelismo, ou seja, todos se unem em um barramento único, devido a isso os transformadores foram fabricados com a mesma relação de transformação e mesmo valor de impedância. Segundo JORDÃO (2002), conclui-se que a condição ideal para o perfeito funcionamento de paralelismo entre os geradores é que as suas impedâncias complexas sejam equivalentes.



Figura 33 - Transformador 750 KVA

Fonte: Autores (2020)

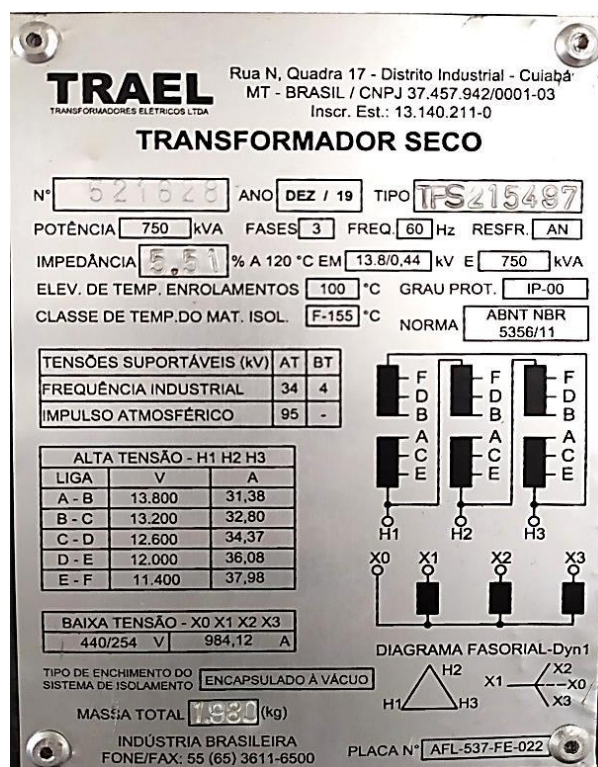


Figura 34 - Dados de placa do transformador de 750 KVA

Fonte: Autores (2020).

No lado de média tensão, também foram instalados PMT's (Painéis de Média Tensão), que recebem a alimentação dos transformadores, da concessionária e possuem a função seccionar, proteger e de realizar as distribuições para as cargas de acordo com a alimentação momentânea. Os PMT's foram divididos por funcionalidade, que possuem três conjuntos de painéis. Na figura 35, podemos ver o conjunto de painéis.



Figura 35 - Painéis de média tensão  
Fonte: Autores (2020).

- PMT 01

Este painel conta com cinco células, quatro delas são responsáveis por receber a alimentação dos transformadores, posterior a elevação da tensão vinda dos geradores e internamente se unem e formam um barramento único. A quinta célula é a responsável pela saída com o somatório de todas as potências geradas. O painel é o responsável pelo paralelismo entre as máquinas.

O PMT 01 é um painel com estrutura interna de potência teoricamente simples, cada célula que recebe as alimentações dos transformadores, contam com um barramento por fase, um fusível limitador de corrente HH por fase e uma chave seccionadora tripolar com aterramento. Já a quinta célula é composta apenas por barramentos de condução, como podemos ver no diagrama 4 a seguir:

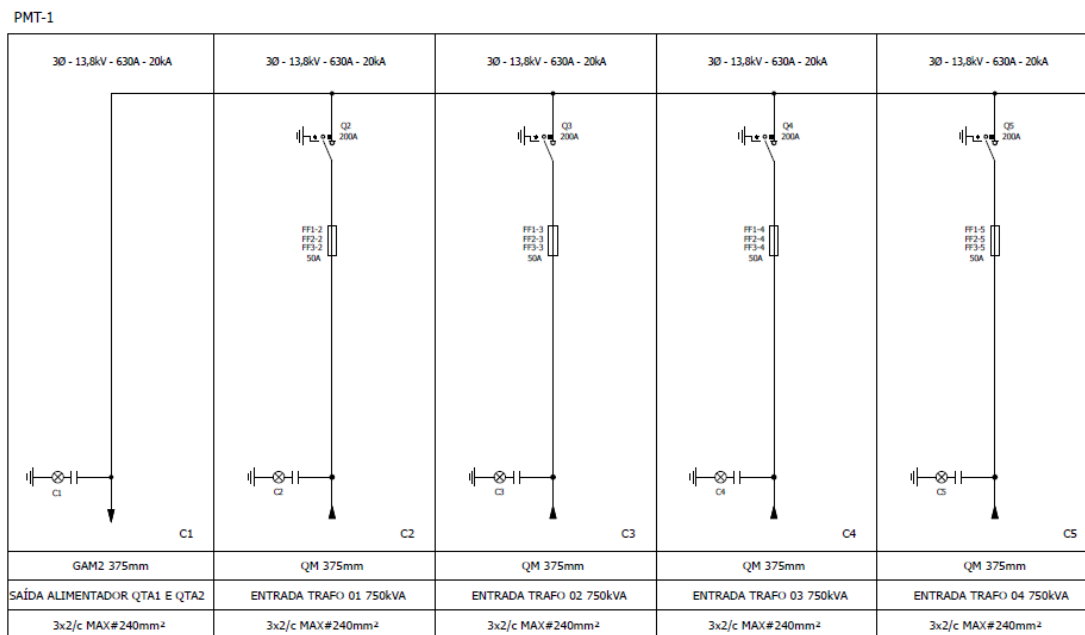


Diagrama 4 - PMT 01

Fonte: Autores (2020).

- PMT 02

Este painel é chamado de QTA (Quadro de Transferência Automática), ele conta com três células. Uma delas recebe a alimentação principal, vinda da concessionária, a segunda célula recebe a energia vinda do PMT 01, paralelismo dos geradores, e a terceira é a saída do painel. Esta recebe uma das alimentações, que varia de acordo com a situação momentânea. Enquanto possuir alimentação oriunda da concessionária, ele estará transferindo o potencial dela.

Em caso de queda energética na concessionária, a USCA reconhece a ausência e realiza o acionamento dos geradores. Os disjuntores contidos nas células um e dois são intertravados, pois não podem ser acionados simultaneamente. Eles são de fontes e sincronismos distintos, caso os dois disjuntores fossem acionados causaria um curto circuito em média tensão.

Tratando-se de média tensão, os cuidados com as proteções devem ser rigorosos. O QTA conta com dois relés de proteção SEPAM série 20, mostrado na figura 36, com as funções 50/51, 50/51N e 50/51G. Posicionados na entrada da concessionária e na entrada dos geradores.



Figura 36 - Relé de proteção SEPAM  
Fonte: Autores (2020).

A utilização do relé SEPAM S20 tem como finalidade o proteger a integridade do circuito com uma possível entrada das duas alimentações simultaneamente. Caso isso ocorra por falha no sistema, o relé é acionado, evitando as consequências de um curto circuito em média tensão.

Os comandos para o acionamento das proteções são oriundos dos TC's e TP's instalado em cada barramento. Além dos comandos enviados aos relés de proteção, os transformadores de grandezas também enviam comandos para a Unidade de Sincronismo de Corrente Alternada (USCA), que são responsáveis por impedir a entrada das duas fontes alimentadoras de uma só vez. No diagrama 5 abaixo, podemos ver as ligações:

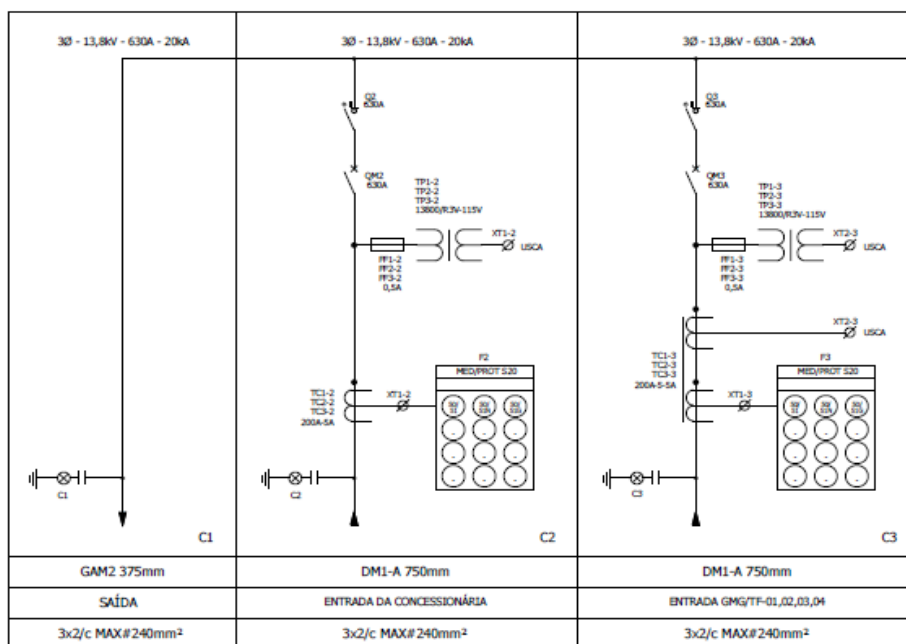


Diagrama 5 – Novo QTA

Fonte: Autores (2020).

Em caso de uma possível falha em um dos QTA's ou até mesmo de um módulo USCA, foi planejado um sistema com redundância, ou seja, existem dois quadros de transferência automática e dois quadros com o módulo 335, conhecido como USCA, responsável por todo controle da usina, que é automaticamente acionado em caso de reconhecimento de falha.

Como o hospital Unimed de Volta Redonda conta com duas subestações, foi necessária a aquisição de um terceiro painel de média tensão.

- PMT 03

O painel 03 tem a função de derivar a alimentação que vem do Quadro de Transferência Automática. A derivação é realizada para alimentar as duas subestações existentes. O PMT 03 também é um painel com estrutura interna de potência teoricamente simples, a primeira célula que recebe as do PMT 02, conta com um barramento por fase. As células um dois e três são idênticas, elas contam com um barramento por fase e uma chave seccionadora tripolar com aterramento, como mostra o diagrama 6.

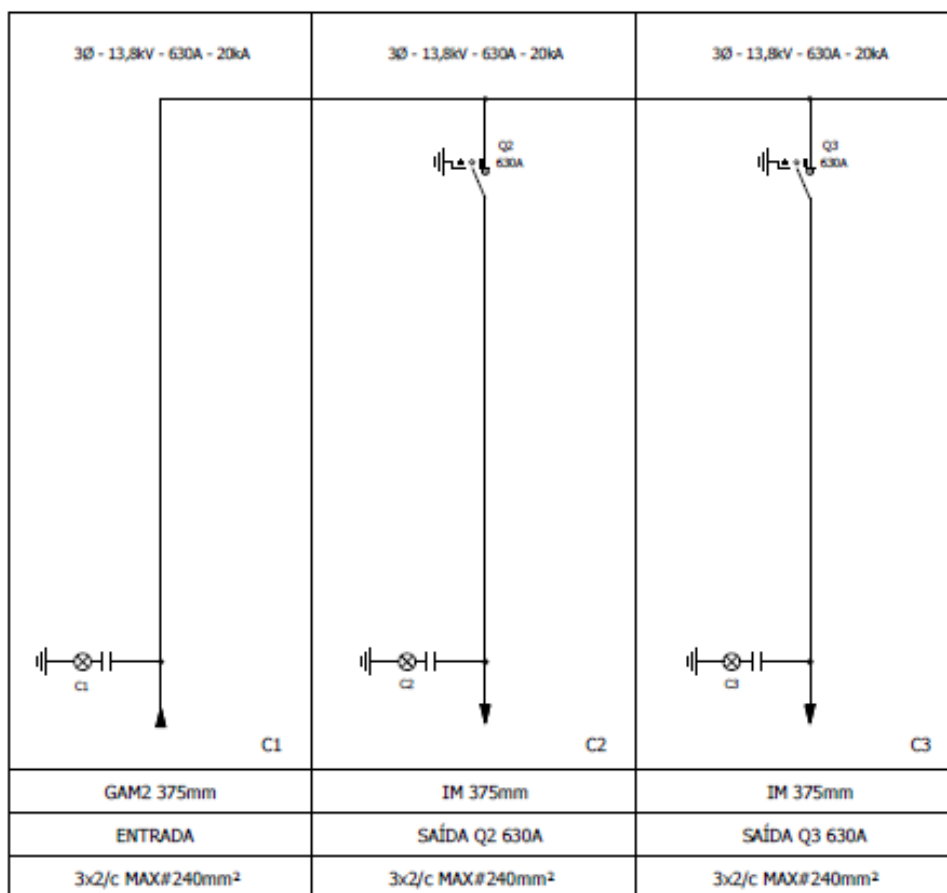


Diagrama 6 - Seccionamento

Fonte: Autores (2020).

Com isso, fechamos todo o processo energético do hospital, tanto a alimentação da concessionária, quanto a alimentação emergencial. A saída do PMT 03 é responsável pela alimentação de todo hospital. Por se tratar de um complexo hospitalar, ainda foi criado um anel de alimentação, que se inicia na célula de saída Q2 do PMT 03 e retorna na célula Q3 do mesmo painel, que em caso de um rompimento da linha de transmissão subterrânea, o hospital continua recebendo sua alimentação normalmente. Para o perfeito funcionamento do anel, todo o sistema deve estar faseado, isso significa que a fase 1 da saída Q2, deve ser a fase 1 da saída Q3, e assim sucessivamente.

## 6.5. REALIZAÇÃO DE TESTES

Após a mobilização e instalação de todos os geradores e os componentes para o perfeito funcionamento da usina, surgiu a necessidade da realização de testes. Os primeiros testes foram efetuados com os geradores rodando a vazio, ou seja, sem carga. Os testes a vazio têm a finalidade de verificar os comandos de acionamentos dos módulos instalados, a partida de todos os geradores e a verificação da tensão fornecida.

Porém com os testes sem carga os geradores não são solicitados o suficiente para obtermos a confiança necessária. Como a carga do hospital é uma carga bem crítica e não deve ficar recebendo oscilações, foi inevitável a locação de bancos de cargas. Os bancos de carga têm como finalidade simular uma carga semelhante à instalada no local e a carga que os geradores têm a capacidade de fornecer.

No hospital a carga instalada é de aproximadamente 1,1MVA e com um aumento para os próximos meses estimados em 600 KVA. A potência máxima fornecida pelas quatro máquinas geradoras totaliza um somatório de 2 MVA, aproximadamente. Então foram locados dois bancos de cargas resistivos de 1 MVA, cada. A figura 37 mostra um dos bancos de cargas alugados e a figura 44 mostram os seus dados de placa.

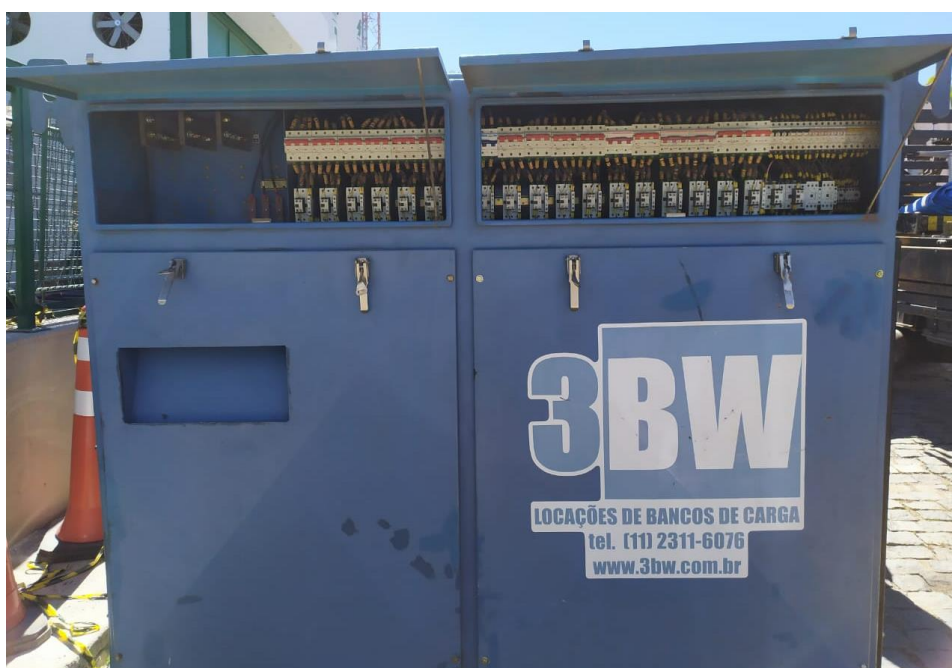


Figura 37 - Banco de carga 1 MVA  
Fonte: Autores (2020).

A tensão para alimentação dos bancos de cargas alugados é de 220 Volts trifásico, porém a tensão fornecida pela usina é de 13.800 Volts, com isso foi utilizado dois transformadores, um para cada banco, com a função de abaixar a tensão de fornecimento da usina. No caso em específico, foi utilizado um Trafo de 1 MVA e outro de 750 KVA, pela disponibilidade. Então a potência máxima gerada pela usina é de 1,75 MVA. A figura 38 mostra a ligação do PMT 03 com os bancos de carga alugados.

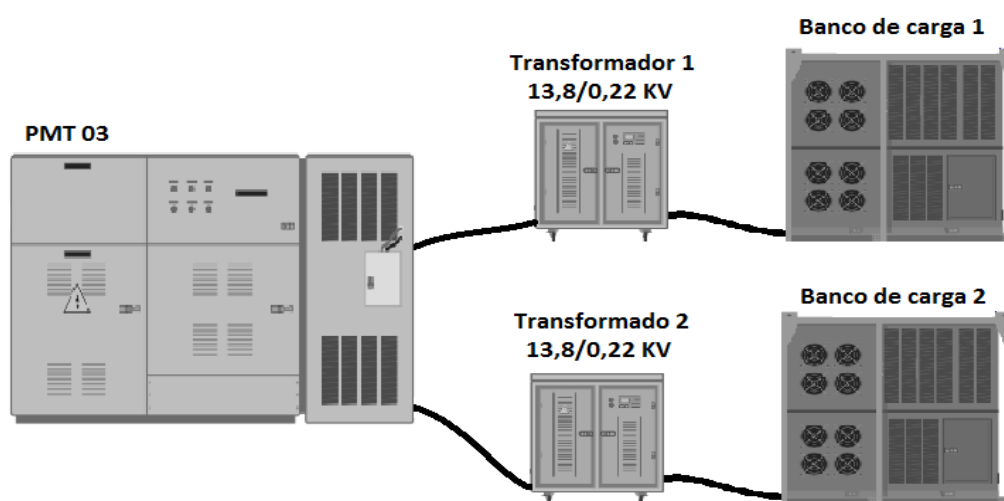


Figura 38 - Ligação do banco de carga  
Fonte: Autores (2020).

O ajuste no banco de carga é realizado por chaves, que determinam a carga consumida por ele. Com isso, foram realizados testes com aumento e diminuição da carga e assim obtendo as respostas dos geradores. A tabela 2 mostra a potência consumida pelos bancos de carga, a potência total gerada, a corrente total fornecida pelos geradores e a corrente de um sistema ideal, definida pela seguinte fórmula:

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \times V}$$

- I = Corrente do somatório dos quatro geradores;
- P = Potência consumida pelos bancos de carga;

- V = Tensão (440V);

Tabela 2 – Realização de teste para verificação de respostas dos geradores

Ajustes	Carga solicitada (KW)	Potência gerada (KW)	Corrente fornecida (A)	Corrente ideal (A)	Consumo (KW)	Erro (%)
1º	100	146,15	191,78	131,22	46,15	32%
2º	400	446,15	585,42	524,86	46,15	10%
3º	600	646,15	847,86	787,30	46,15	7%
4º	800	846,15	1110,29	1049,73	46,15	5%
5º	1000	1046,15	1372,72	1312,16	46,15	4%
6º	1400	1446,15	1897,58	1837,02	46,15	3%
7º	1600	1646,15	2160,02	2099,46	46,15	3%

Fonte: Autores (2020).

Os valores informados na coluna de carga solicitada se referem as cargas ajustadas nas chaves do banco de carga como mostra a figura 39, eles são responsáveis por simular um consumo.



Figura 39 - Seleção de potência no banco de carga

Fonte: Autores (2020).

Ainda na tabela a coluna de carga gerada e corrente fornecida é referente à potência e a corrente gerada pelo somatório dos quatro geradores, a coluna de corrente ideal foi montada de acordo com o cálculo mostrado anteriormente, que determina uma corrente ideal, sem nenhuma perda.

Como não é possível existir um sistema ideal, onde a corrente ideal é idêntica a corrente fornecida, o esperado é que a diferença seja próxima de zero. O consumo referido na tabela nos mostra a potência “perdida”, ou seja, gerada para alimentar os componentes do sistema e são referentes às perdas. As perdas ocorrem desde a geração até a entrega final da energia potencial. O cálculo de corrente ideal foi realizado apenas com o intuito de mostrar que existem perdas entre a geração e a carga de aproximadamente 11,54 KW em cada gerador. Os erros percentuais foram diminuindo devido ao valor da perda se manter constante.

Os primeiros testes foram realizados apenas para verificar as respostas dos geradores de acordo com a carga fornecida pelo banco, ela foi dividida entre todos os geradores independente do seu valor. Porém os módulos proporcionam ao usuário estabelecer ajustes que permitem o desligamento de uma ou mais máquinas, de acordo com a carga. O motivo de tal aplicação é simples, se a carga for baixa e não existir a necessidade de funcionamento de todos os geradores, os controladores reconhecem e enviam um comando de desligamento para a máquina, favorecendo a economia de combustível.

Existem dois parâmetros a serem ajustado, o de desligamento e o de acionamento de uma ou mais máquinas no barramento. Os ajustes são realizados de acordo com a necessidade no local de aplicação. A porcentagem para o desligamento de um gerador é realizada em cima da carga total aplicada no momento em específico e a porcentagem para o acionamento é realizada em cima do funcionamento do em cada máquina. Os cálculos são realizados da seguinte forma:

- Para o desligamento:

$$\% = \frac{\text{Potência total consumida}}{\text{Potência fornecida pelo gerador}} \times 100$$

A potência total consumida é aquela que está sendo solicitado pelo hospital, já a potência fornecida pelo gerador é a resultante da divisão da potência total consumida pelo número de geradores em funcionamento.

- Para o acionamento:

$$\% = \frac{\text{Potência fornecida pelo gerador}}{\text{Potência máxima do gerador}} \times 100$$

A potência fornecida pelo gerador é a resultante da divisão da potência total consumida pelo número de geradores em funcionamento, já a potência máxima do gerador é aquela que a máquina pode fornecer em seu funcionamento nominal. No caso em estudo a potência máxima de cada máquina é de 500 KW.

O cálculo dos parâmetros precisa ser realizado com variáveis distintas, caso contrário, dependendo da situação o sistema entra em conflito, como podemos verificar na tabela 3 abaixo:

Tabela 3 - Simulação de Falha

Situações		GMG 01	GMG 02	GMG 03	GMG 04	Status
1 <sup>a</sup>	Potência	125	125	125	125	Desligando o GMG 04
	%	25%	25%	25%	25%	
2 <sup>a</sup>	Potência	166,7	166,7	166,7	Desligado	Desligando o GMG 03
	%	33%	33%	33%		
3 <sup>a</sup>	Potência	250	250	Desligado	Desligado	Acionando o GMG 03
	%	50%	50%			
4 <sup>a</sup>	Potência	166,7	166,7	166,7	Desligado	Desligando o GMG 03
	%	33%	33%	33%		

Legenda: Demanda - 500 KW

Ajustes - 35 % para desligamento e 40 % para acionamento

Fonte: Autores (2020).

Na tabela mostrada acima, caso o ajuste da porcentagem da potência fosse realizado com as mesmas variáveis e uma potência consumida de 500 KW, o GMG 03 sofreria uma sequência de desligamentos e acionamentos consecutivos, como podemos ver da segunda à quarta situação, podendo até causar uma falha no mesmo.

Em caso de falta no fornecimento da alimentadora principal, a USCA solicita o acionamento de todos os geradores, após o processo de sincronismo e transferência

da energia para as cargas, o módulo realiza o estudo e verifica a necessidade de um possível desligamento. No hospital Unimed de Volta Redonda os valores foram ajustados em 35% para o desligamento e 40% para o acionamento de uma máquina.

Quando o módulo reconhece a necessidade do descarte de um gerador, inicia-se uma contagem de 5 minutos antes que ele seja retirado do barramento, a contagem é realizada para que o sistema reconheça a real necessidade de desligamento, visto que se trata de uma carga em constante oscilação. No período de contagem, é comum ocorrer um aumento de carga novamente, com isso o cronometro é zerado.

Para maior segurança, ainda foi adicionado uma segunda contagem de tempo com 3 minutos que após a contagem de reconhecimento de carga de 5 minutos, a máquina fica fora do barramento, porém ela continua no mesmo sincronismo que as demais. Esse tempo foi adicionado para tornar o sistema ainda mais confiável. Então o tempo de total desligamento da máquina é de 8 minutos.

Após todos os parâmetros serem inseridos nos módulos, com 30% para desligamento (referente à carga total consumida) e 45% para acionamento (referente ao funcionamento do gerador em individual), foi realizada uma segunda etapa de testes. Esta etapa foi efetuada como teste final, antes da conexão da usina ao hospital, nele foi efetuado o aumento de carga gradativamente, e em cada etapa verificou-se o comportamento do conjunto de geradores. Na tabela 4 vemos o comportamento das máquinas.

Tabela 4 – Teste de desligamento do gerador de acordo com a carga

(Continua)					
Carga consumida pelo banco de carga: 100 KW					
	Gerador 1	Gerador 2	Gerador 3	Gerador 4	Módulo
Potência	25 KW	25 KW	25 KW	25 KW	Desligar gerador 4
% Deslig.	25%	25%	25%	25%	
% Acion.	5%	5%	5%	5%	
Potência	33 KW	33 KW	33 KW	Desligado	Desligar gerador 3
% Deslig.	33%	33%	33%		
% Acion.	7%	7%	7%		
Potência	50 KW	50 KW	Desligada	Desligado	Desligar gerador 2
% Deslig.	50%	50%			
% Acion.	10%	10%			
Potência	100 KW	Desligada	Desligada	Desligado	Um gerador em funcionamento
% Deslig.	100%				
% Acion.	20%				
Carga consumida pelo banco de carga: 250 KW					
	Gerador 1	Gerador 2	Gerador 3	Gerador 4	Módulo
Potência	250 KW	Desligada	Desligada	Desligado	Ligar gerador 2
% Deslig.	100%				
% Acion.	50%				
Potência	125 KW	125 KW	Desligada	Desligado	Dois geradores em funcionamento
% Deslig.	50%	50%			
% Acion.	25%	25%			
Carga consumida pelo banco de carga: 600 KW					
	Gerador 1	Gerador 2	Gerador 3	Gerador 4	Módulo
Potência	300 KW	250 KW	Desligada	Desligado	Ligar gerador 3
% Deslig.	50%	50%			
% Acion.	60%	60%			
Potência	200 KW	200 KW	200 KW	Desligado	Três geradores em funcionamento
% Deslig.	33%	33%	33%		
% Acion.	40%	40%	40%		
Carga consumida pelo banco de carga: 800 KW					
	Gerador 1	Gerador 2	Gerador 3	Gerador 4	Módulo
Potência	267 KW	267 KW	267 KW	Desligado	Ligar gerador 4
% Deslig.	33%	33%	33%		
% Acion.	53%	53%	53%		
Potência	200 KW	200 KW	200 KW	200 KW	Quatro geradores em funcionamento
% Deslig.	25%	25%	25%	25%	
% Acion.	40%	40%	40%	40%	

Tabela 5 – Teste de desligamento do gerador de acordo com a carga

					(Conclusão)
Carga consumida pelo banco de carga: 1000 KW					
	Gerador 1	Gerador 2	Gerador 3	Gerador 4	Módulo
Potência	250 KW	250 KW	250 KW	250 KW	Quatro geradores em funcionamento
% Deslig.	25%	25%	25%	25%	
% Acion.	50%	50%	50%	50%	

Fonte: Autores (2020).

Para o teste mostrado na tabela acima foram utilizados valores aproximados e desconsideradas as perdas citadas na tabela 5, com o intuito de facilitar o entendimento. Ela mostrou que a potência solicitada pelos bancos de carga foi igualmente dividida para todos os geradores. Na primeira carga aplicada, nota-se que todos os geradores foram acionados, normalmente para o sistema, que aciona todos os geradores independentes da carga solicitada. Porém o sistema reconhece a falta de necessidade de manter o funcionamento dos quatro geradores, então a Unidade de supervisão de Corrente Alternada envia um comando para que o gerador quatro desligue. O desligamento é oriundo da porcentagem referente à carga total consumida, que no primeiro momento é de 100 KW.

Com três máquinas em funcionamento, o sistema ainda lê que a porcentagem de funcionamento em relação à carga total consumida era de 33%, então a Unidade de supervisão de Corrente Alternada envia um comando para efetuar o desligamento no gerador 3 e 2 sucessivamente. Manteve-se então o funcionamento do gerador 1.

Após a verificação de estabilidade com o funcionamento de um gerador, foi adicionada uma carga de 150 KW, totalizando 250 KW. A porcentagem para o acionamento chegou a 50%, submetendo o sistema a realizar o acionamento do gerador dois. Assim, manteve-se o funcionamento de duas máquinas, pois a porcentagem para o acionamento não passou de 40%. Logo a carga foi aumentada para 600 KW, a porcentagem de funcionamento em cada gerador chegou a 60%, a USCA, então, reconheceu a necessidade de acionamento do terceiro gerador. Mantendo-se assim até a adição de 200 KW.

A carga solicitada passou a ser de 800 KW, com três geradores em funcionamento a carga em cada um deles chegou a 267 KW e a porcentagem de

funcionamento nominal da máquina chegou a 53%, tornando-se necessário o acionamento do quarto gerador, devido à configuração dela está em 45%. Por conseguinte, com todos os geradores em funcionamento e uma estabilidade do sistema, a potência solicitada foi aumentada para 1000 KW. Como foi atingido o número máximo de geradores, o sistema se mantém assim.

Conclui-se com a realização desse teste que com uma possível carga de 800 kW ou mais se torna necessário o funcionamento das quatro máquinas geradoras. A configuração de 30 % para desligamento e 45% para acionamento, foi utilizada para um estudo em situações reais. Assim sendo, ficarão desta forma até criar uma maior confiança no sistema de paralelismo. Posteriormente podem ser aumentados, favorecendo na economia de combustível.

Após a realização de todos os testes com os bancos de carga, foi efetuada uma manobra no dia 16 de maio de 2020, na parte da manhã de sábado, onde a carga do hospital era menor. A manobra foi feita com o intuito de realizar a alimentação dos cabos da concessionária no PMT 02, painel responsável pela transferência entre rede e gerador. Tornou-se necessário o desligamento da alimentação principal, com isso os geradores locados assumiram a carga do hospital e os cabos de alimentação da concessionária foram transferidos para o novo sistema.

Com a alimentação da concessionária no QTA da usina, foram efetuados novos testes, ainda com a usina desconectada do hospital. Os testes foram realizados para verificar o funcionamento de todos os componentes da usina de geração. Foram simuladas falhas na alimentação principal, com isso, verificaram-se as respostas de acionamento e sincronismo entre os geradores.

Após à verificação do perfeito funcionamento da usina, o fornecimento de energia da concessionária foi interrompido, manualmente. Sendo assim, a USCA reconheceu a falta de alimentação no lado da rede e enviou um comando para que os módulos individuais ligassem os geradores. Depois do sincronismo entre todas as máquinas, os geradores locados, foram desligados e a usina passou a alimentar o hospital.

A transferência final foi realizada às 15 horas e 24 minutos. A carga consumida pelo hospital no momento da manobra era de aproximadamente 490,2

KW. Para atender a demanda solicitada foi necessário o funcionamento de apenas três geradores da usina. Cada um deles fornecendo 163,4 KW, como vemos na figura 40.



Figura 40 - IHM do módulo após transferência  
Fonte: Autores (2020).

Em virtude disso, o hospital Unimed na cidade de Volta Redonda, começou a contar com um novo sistema de segurança energética, a partir do paralelismo entre as máquinas geradoras instaladas na usina. Além de uma maior confiabilidade na alimentação do hospital, o novo sistema ainda proporciona uma economia no consumo de combustível.

## 6.6. VIABILIDADE ECONÔMICA

O custo para a construção da usina de geradores, que tem a finalidade de realizar o paralelismo entre as máquinas geradoras, funcionando apenas em momentos de falta da energia oriunda da concessionária, foi um investimento realizado pelo hospital Unimed de Volta Redonda.

O estudo da viabilidade econômica não é o foco do projeto, pois a implantação do sistema foi realizada com o intuito de uma maior confiabilidade e

segurança energética. Qualquer investimento financeiro que diminua a probabilidade de um *blackout* energético é válido, se tratando de uma unidade hospitalar.

Todavia, o cálculo de retorno financeiro é atraente, em virtude de uma mudança que pode agregar tanto na estabilidade energética de um hospital, que é de fundamental importância para manter as funcionalidades vitais de um paciente, quanto no desenvolvimento de algum tipo de economia, no caso em específico um menor consumo de diesel e redução no custo da manutenção.

Com isso, para a realização desta análise financeira, que envolve investimento de um valor considerável que sairá de fundos do hospital, e posteriormente retornará ao longo do tempo. Utilizaremos cálculos simples para determinar o valor de investimento e o valor de economia gerada com a aplicação do paralelismo entre os geradores.

- Valores de investimento:

Para a implantação de um sistema de paralelismo entre geradores, devemos considerar todo o capital investido para tal aplicação. O hospital Unimed de Volta Redonda contava com um sistema de alimentação emergencial descentralizado, ou seja, ele era composto por seis máquinas geradoras que alimentavam as cargas de forma independente, com os geradores instalados em locais diferentes, impossibilitando a realização do paralelismo.

Então para a realização do paralelismo foi necessária a construção do local onde os geradores e seus componentes ficariam abrigados. Além da construção, o valor investido ainda conta com a mão de obra e materiais para a mobilização dos geradores, aluguel de geradores para substituir momentaneamente as máquinas retiradas, entre outras que podemos verificar na tabela 5 mostrada abaixo.

Tabela 6 - Investimentos para implantação do paralelismo entre geradores

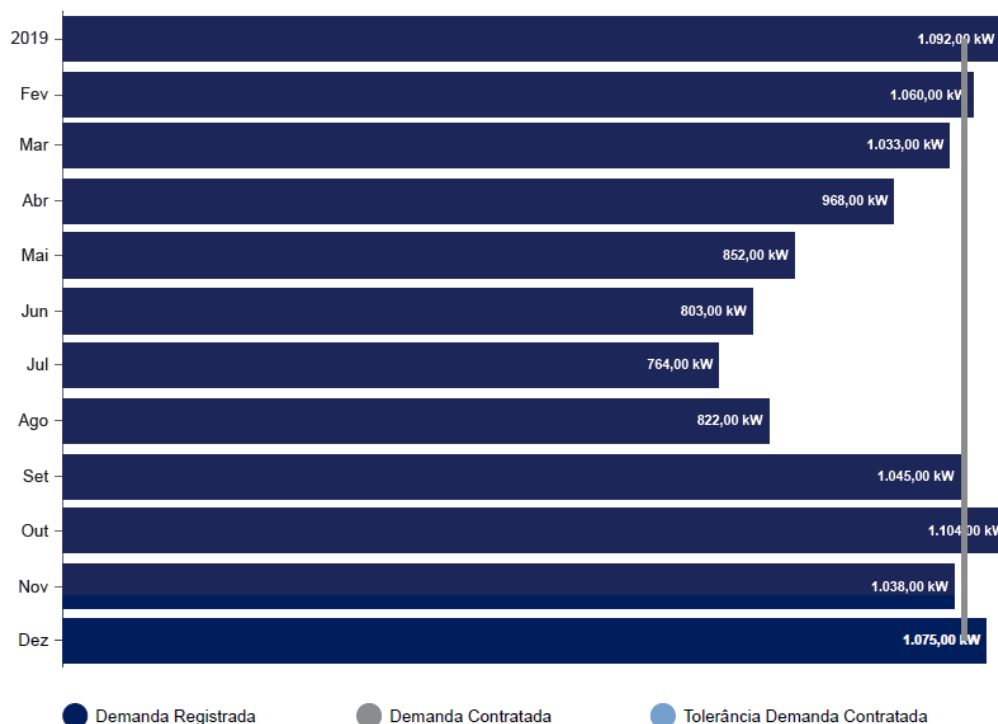
Descrição	Valor
Construção civil	R\$ 393.352,32
Infraestrutura elétrica	R\$ 729.945,38
Aluguel de geradores de três geradores	R\$ 118.800,00
Aluguel do banco de cargas	R\$ 23.866,00
Mão de obra para mobilização dos geradores	R\$ 218.000,00
Transformadores a seco 750 KVA	R\$ 154.000,00
<b>Total</b>	<b>R\$ 1.637.963,70</b>

Fonte: Autores, 2020

O valor investido na construção da usina ficou acima do normal devido à área ter um solo instável e a necessidade de uma cortina de contenção, gerando um gasto maior nas estruturas dela. Elevando assim o custo do projeto.

- Economia gerada com o paralelismo:

Os seis geradores foram adquiridos e instalados de acordo com o crescimento da unidade em estudo, eles foram superdimensionados em consequência de um pensamento futuro de crescimento. Com isso, tornava-se desnecessário a realização do paralelismo com todos os geradores. Apenas quatro geradores são capazes de gerar 2 MW. A demanda do hospital atual é de aproximadamente 1,1 MVA. O gráfico 1 mostra a demanda máxima em cada mês do ano de 2019. Então apenas quatro geradores são capazes de alimentar todo o hospital atual e o novo complexo hospitalar que está sendo construído. A demanda estimada para o novo hospital é de 500 KW.



**Gráfico 1 - Demanda máxima mensal**  
 Fonte: Dado fornecido pela Unimed – VR (2020)

Com a aplicação do paralelismo entre quatro geradores, podemos definir alguns valores de retorno financeiro para o hospital, a saber:

- Menor custo com a manutenção:

O valor total gasto com a manutenção dos geradores diminuirá, pois se torna desnecessário manter o funcionamento de duas máquinas geradoras, o GMG 5 e GMG 6. Além disso, a chance de um gerador falhar diminui, pois os módulos controladores realizam a leitura de hora de funcionamento de cada gerador e prioriza as máquinas menos rodadas. A tabela 6 mostra a economia gerada.

Sem Paralelismo		Com Paralelismo	
Gerador	Valor	Gerador	Valor
SCANIA 1	R\$ 968,43	Usina	R\$ 4.600,00
SCANIA 2	R\$ 968,43		
SCANIA 3	R\$ 968,43		
Cummins	R\$ 1.477,09		
Sede	R\$ 1.148,86		
Pró vida	R\$ 698,43		
Total	R\$ 6.229,67	Total	R\$ 4.600,00
Economia mensal		R\$ 1.629,67	

Fonte: Autores (2020).

- Menor consumo de combustível

O consumo de um gerador é um fator determinante para o cálculo de economia de combustível. No mercado atual existem uma infinidade de máquinas geradoras com variados fabricantes e potências distintas. Para o cálculo do consumo dos geradores instalados no caso estudado, montamos a tabela 7, que informa um valor aproximado de diesel para geração de 100% de sua capacidade nominal. Os valores do consumo dos geradores foram retirados de catálogos dos fabricantes.

Tabela 8 - Consumo dos geradores

Geradores	Motor	Alternador	Potência (kW)	Consumo máximo (L/H)
GMG 01	SCANIA	WEG	500	115
GMG 02	SCANIA	WEG	500	115
GMG 03	SCANIA	WEG	500	115
GMG 04	CUMMINS	CUMMINS	500	101
GMG 05	CUMMINS	CUMMINS	136	40
GMG 06	BOSH	WEG	75	27

Fonte: Autores (2020).

Os geradores fornecem a potência consumida pela carga que varia de acordo com a demanda consumida, com isso temos um range de consumo não fornecido em tabela. Então o consumo dos geradores instalados no hospital Unimed de Volta Redonda foi calculado em estimativa. Referente a um teste realizado já com o sistema de paralelismo, o teste durou cerca de duas horas e para simular a carga do hospital foi utilizado um banco de carga.

O teste foi efetuado com os GMG's 1, 2, 3 e 4 em paralelo, gerando um consumo de setecentos litros de óleo diesel com uma carga de 70% de funcionamento, cada máquina geradora estava fornecendo uma potência de 350 KW. Para maior facilidade na realização dos cálculos, o consumo do GMG 4, foi considerado o mesmo dos demais GMG's da usina, ou seja, 115 L/H. O consumo varia de acordo com a potência gerada, então para a realização do cálculo estimado, aplicou-se a técnica de interpolação linear.

Método de interpolação que se utiliza de uma função linear  $p(x)$  (um polinômio de primeiro grau) para representar, por aproximação, uma suposta função  $f(x)$  que

originalmente representaria as imagens de um intervalo descontínuo (ou degenerado) contido no domínio de  $f(x)$ . A interpolação linear entre dois pontos  $(x_a, y_a)$  e  $(x_b, y_b)$  pode ser deduzida usando-se proporcionalidade: (VIEIRA, 2014)

$$\frac{y - y_0}{x - x_0} = \frac{y_1 - y_0}{x_1 - x_0}$$

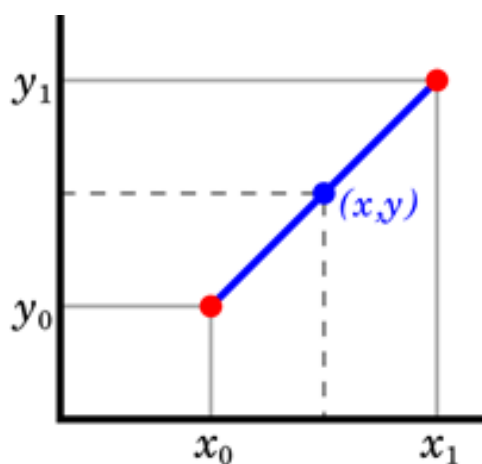


Gráfico 2 - Interpolação linear  
Fonte: Interpolação VIANA, 2014

- Realização do cálculo:

Como dado de tabela, temos que o gerador com uma potência nominal de 500 KW, seu consumo é de 115 L/H. Com a realização do teste com o banco de carga, cada gerador forneceu 350 KW e consumiu 87,5 L/H. Então temos os seguintes dados:

- $y_0 = 350$  KW;
- $y_1 = 500$  KW;
- $x_0 = 87,5$  L/H;
- $x_1 = 115$  L/H.

Determinamos um valor para  $y$  de 400 KW, pois com esse valor utilizamos o consumo aproximado a cada 100 KW.

$$\frac{400 - 350}{x - 87,5} = \frac{500 - 350}{115 - 87,5} \rightarrow x = 96,67 \text{ L/H}$$

Então o consumo aproximado para uma potência fornecida de 400 KW é de 97 L/H. A diferença entre o funcionamento com 500 KW e 400 KW é de 18 L/H. Com os dados coletados foi montada tabela 8.

Tabela 9 - Consumo dos geradores.

Potência (kW)	Consumo (L/h)
100	43
200	61
300	79
400	97
500	115

Fonte: Autores (2020).

Com o consumo aproximado de cada máquina geradora foi calculado o gasto em uma manobra realizada no dia 12 de janeiro de 2020. Podemos ver no gráfico 3, mostrado abaixo, o período de realização da manobra, que compreende no intervalo em que não teve fornecimento de energia da concessionária de energia, onde os geradores, ainda sem o paralelismo assumiram a carga do hospital.

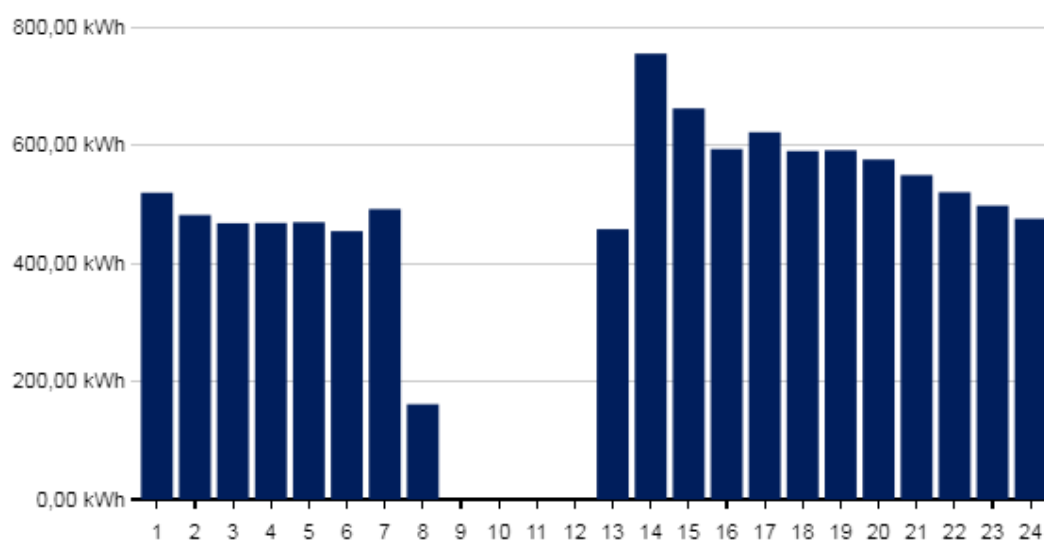


Gráfico 3 - Demanda no dia 12 de janeiro de 2020

Fonte: Dados fornecidos pela Unimed (2020).

A fim de realizar o cálculo aproximado de economia de combustível, o consumo foi calculado com e sistema sem o paralelismo e com a nova configuração.

E com a diferença entre os valores encontrados, temos a quantidade de diesel economizado.

- Consumo de combustível sem paralelismo:

O período em que os geradores assumiram a carga foi de aproximadamente quatro horas com uma carga média neste período de 623 KW. 5 % desta carga são destinadas ao consumo do centro cuidar e 10% para o consumo da sede administrativa. O consumo efetivo em cima dos quatro geradores estudados foi de aproximadamente 530 KW.

Como os geradores possuem funcionamentos independentes e não é possível realizar o consumo específico de cada máquina, deduzimos que a que a geração ficou conforme tabela 9 abaixo:

Tabela 10 - Divisão de carga entre geradores.

Geradores	Potência (kW)
GMG 1	132,5
GMG 2	132,5
GMG 3	132,5
GMG 4	132,5
GMG 5	62,3
GMG 6	31,15
Total	623

Fonte: Autores (2020).

Para o cálculo de consumo pontual dos GMG's 1,2,3 e 4, foi utilizado o método de interpolação linear com base no consumo mostrado na tabela 9.

$$\frac{132,5 - 100}{x - 42} = \frac{200 - 100}{61 - 43} \rightarrow x = 48,85 \text{ L/H}$$

Com isso obtemos um consumo aproximado de 49 litros por hora em cada gerador.

Para o abastecimento energético de todos os setores do hospital devemos considerar a potência de 62,3 KW gerada pelo GMG 5 e 31,15 do GMG 6. Para o

cálculo do consumo do GMG 5 utilizamos a tabela 10. Onde a potência fornecida por ele no momento da realização da manobra estava com aproximadamente metade do seu funcionamento total. Então se considera que o seu consumo foi de 27 L/H.

Tabela 11 - Consumo gerador Cummins.

Potência Nominal	Standby			
	136kW			
Carga Aplicada	Full	3/4	1/2	1/4
Consumo (Litros/Hora)	40	36	27	20

Fonte: Adaptado de Soto filhos (2019)

A fabricante do GMG 6 não fornece uma tabela referente ao seu consumo de diesel, então utilizamos os dados fornecidos por um gerador Cummins de mesma capacidade, o modelo C65dD6, como base para a realização de consumo dele. A tabela 11 mostra os níveis de consumo. A potência fornecida pelo GMG 6 no momento da manobra era de aproximadamente metade do seu funcionamento total. Então se considera que o seu consumo foi de 13 L/H.

Tabela 12 - Consumo do Gerador Cummins de 65 KW

Potência Nominal	Standby			
	65 kW			
Carga Aplicada	Full	3/4	1/2	1/4
Consumo (Litros/Hora)	19	17	13	10

Fonte: Soto filhos (2019).

A tabela 12 mostra o consumo total de diesel durante a realização da manobra no dia 12 de janeiro de 2020, que durou cerca de 4 horas.

Tabela 13 - Consumo de diesel sem paralelismo

Geradores	Potência (kW)	Consumo (L/h)	Consumo (L)
GMG 1	132,5	49	196
GMG 2	132,5	49	196
GMG 3	132,5	49	196
GMG 4	132,5	49	196
GMG 5	62,3	27	108
GMG 6	31,15	13	52
<b>Total</b>	<b>623</b>	<b>236</b>	<b>944</b>

Fonte: Autores (2020)

Considerando o consumo aproximado de combustível de 944 litros e um valor médio pago no valor do diesel de R\$ 2,99, temos um total gasto para a realização da manobra de R\$ 2822,56.

- Consumo de combustível com paralelismo:

Com a aplicação do paralelismo entre os GMG's 1, 2, 3 e 4, a potência máxima gerada se aproxima de 2 MW, tornando-se desnecessário manter o funcionamento dos demais geradores, pois a carga máxima do hospital é de 1,1 MVA e considerando uma carga estimada da nova unidade em 0,5 MVA. Então toda carga solicitada pelo hospital é atendida pela usina.

Dessa forma foi realizado um cálculo estimativo de qual seria o consumo caso a usina tivesse em funcionamento na manobra realizada no dia 12 de janeiro de 2020. Com o mesmo gráfico mostrado na figura 49. A potência média no período de 623 KW passa a ser divididos igualmente para os geradores instalados em paralelo.

O sistema tem a capacidade de descartar o funcionamento de uma máquina em caso de um baixo consumo energético. Então a tabela 13 simula a quantidade de geradores em funcionamento na aplicação em específico.

Tabela 14 - Funcionamento dos geradores em paralelismo.

Carga Consumida: 623 kW					
	Gerador 1	Gerador 2	Gerador 3	Gerador 4	Ações do Módulo
Potência	155,75	155,75	155,75	155,75	Desligar gerador 4
% Desligamento	25%	25%	25%	25%	
% Acionamento	31%	31%	31%	31%	
Potência	207,67	207,67	207,67	Desligado	Mantém 3 geradores em funcionamento
% Desligamento	33%	33%	33%		
% Acionamento	42%	42%	42%		

Fonte: Autores (2020).

Inicialmente os quatro geradores ligam, dividindo a potência total consumida entre eles, porém o módulo de controle verifica que a porcentagem para desligamento está abaixo de 30 %, então realiza o acionamento do gerador 4. Após isso, o sistema se mantém estável com o funcionamento de três geradores.

Para o cálculo de consumo dos GMG's 1,2,3 e 4, foi utilizado o método de interpolação linear com base no consumo mostrado na tabela 12.

$$\frac{207,67 - 200}{x - 61} = \frac{300 - 200}{79 - 61} \rightarrow x = 62,38 \text{ L/H}$$

A manobra teve uma duração de quatro horas com três geradores em funcionamento. Então o consumo total de combustível foi de 748,56 litros. Considerando o valor do diesel pago em R\$ 2,99, temos um valor gasto de R\$ 2.238,19.

Com a aplicação do paralelismo entre os geradores, concluímos através dos cálculos realizados, que em uma situação de funcionamento em um período de quatro horas e uma carga média de 626 KW, a implantação do novo sistema traz uma economia aproximada de R\$ 584,37. O funcionamento dos geradores é apenas em regime de standby, com isso, torna-se inviável o cálculo de consumo anual de um gerador, pois não é possível prever quando os geradores serão acionados.

#### **6.7. ENGENHARIA ELÉTRICA NA INDUSTRIA 4.0**

A Engenharia Elétrica passa a ser uma das atividades mais importantes dos próximos anos, visto que está vinculada ao avanço tecnológico e produtividade energética, sendo substancial para os progressos de diversas áreas.

O Brasil por sua vez destaca-se na área de geração de energia devido a Usina Hidrelétrica de Itaipu Binacional, mas foi em 2018 após ingressas na Agência Internacional para as Energias Renováveis (IRENA), que de acordo com o Ministério de Relações Exteriores “tem como principal missão auxiliar e apoiar países na transição para uma matriz energética sustentável, servindo como repositório e disseminador de conhecimento e boas práticas, plataforma de diálogo, e provedora de serviços, ferramentas técnicas, análises e de projetos de cooperação na área de energia renovável”. Desta forma, o mercado de energias renováveis teve um gatilho maior, à medida que os empresários passaram a investir mais neste seguimento, por conseguinte a geração de novas oportunidades de empregos para a população.

Nas circunstâncias atuais, em que a eletricidade se aplica de forma contemporânea e fundamental em todas as áreas e funcionamento de processos,

o(a) engenheiro(a) eletricitista se depara com várias esferas de atuação. A era 4.0 da Revolução Industrial, entra em nossas vidas com as ideias de que para se ter um ecossistema efetivo e flexível dentro de uma empresa, os seguimentos de logística e produção precisam ser interligados. Desta maneira, os profissionais contam com a origem desenvolvimentos de inteligência e de valores.

Com a chegada da Indústria 4.0 a Engenharia Elétrica ganha uma aliada no cenário tecnológico, produtivo e de resultados, além do auxílio nas pesquisas na ciência elétrica. A exploração por novas fontes energéticas alternativas, renováveis e mais confiáveis passam a ser inevitáveis, uma vez que há locais em que o fornecimento deve ser interrompido. Como por exemplo, os hospitais que são considerados “historicamente tradicionais”, mas nos últimos anos com os avanços tecnológicos houve a necessidade de automatizar os sistemas instalados, além de assegurar o desempenho de todos os equipamentos, logo, exigiram mais capacidade de geração e armazenamento de energia. Essas mudanças foram essenciais, visto que o mercado está cada vez mais concorrente e contemporâneo, o que impulsionou a instalação de uma energia alternativa e ainda mais o uso de geradores, a fim de suprir a demanda com um fornecimento de energia contínuo e obter melhor resultado em suas atividades, que segundo José Eduardo Luzzi, presidente e CEO da MWM Motores, ainda apresenta “uma carência no fornecimento de geradores de energia no País”.

#### 6.7.1. Monitoramento via aplicativo

A automação de processos traduz-se em unir a tecnologia e a integração de sistemas de dados, a fim de aperfeiçoar o controle e o de fluxo atividades, por meio do monitoramento em tempo real. Com isso, é evidente que os avanços tecnológicos estão sendo conceituados e representados como a nova era da tecnologia computadorizada por ser considerada uma nova referência através dos aplicativos em dispositivos móveis necessitando, porém, de plataformas para desenvolver novos softwares. Entretanto, tais aplicativos proporcionam ao público alvo a acessibilidade das informações geradas no processo.

Este novo modelo de monitoramento de certa forma insere as funções que a princípio eram realizadas via computador, agora podem ser realizadas também por celulares e tablets, estando mais presentes no dia a dia dos profissionais. Pesar de

ser um mercado aparentemente novo, empresas estão buscando cada vez mais profissionais capacitados na área de desenvolvimento de aplicativo.

Nesse sentido, os geradores em um hospital são elementos importantes de um sistema de geração. Ademais, empresas especializadas em montagem de usinas geradoras optam por automatizá-las, uma vez que se torna uma área que carece de monitoramento específico periódico. Neste estudo de caso podemos citar a Deep Sea, empresa especializada em dispositivos de monitoramento automático que está atuando no Hospital Unimed de Volta Redonda e apresenta como uma solução futura o monitoramento remoto.

O Módulo de controle do comutador de transferência automática DSE 335 é usado na usina geradora do Hospital em estudo e de acordo com a Deep Sea, ele foi desenvolvido para monitorar a tensão e a frequência de uma fonte CA de entrada de duas fontes diferentes. Essas fontes podem ser geradoras ou rede elétrica (utilitário) ou uma combinação de ambos. O módulo de controle monitora a Fonte 1 (S1) e a Fonte 2 (S2). Quando ocorre uma falha, um comando de partida é emitido para a fonte inativa para assumir o controle da carga. O módulo retornará a carga à rede elétrica (utilitário) assim que estiver disponível.

Todo esse processo poderá ser monitorado remotamente em tempo real, através do DSE Web Net. Segundo a Deep Sea, os softwares permitem que os usuários acessem remotamente os módulos de controle DSE e quaisquer geradores apenas com uma conexão de internet. O software baseado na internet é a solução ideal para maximizar a eficiência dos geradores, diagnosticando, resolvendo as condições de falhas e implementando a manutenção preventiva, e assim aumentando a vida útil dos geradores.

Sua utilização é acessível, primeiro o usuário vai precisar da DSE Web Net e do dispositivo de Gateway. O Gateway pode ser facilmente conectado ao controlador DSE usando tanto USB, rs-232, rs-485 ou Ethernet. O Gateway da DSE Web Net é então registrado e conectado ao servidor de rede DSE, utilizando o sinal remoto GSM ou uma conexão de rede de área local.



Figura 41 – Configuração

Fonte: Deep Sea, 2017

Os usuários poderão acessar a interface de rede da DSE através de um navegador da web ou aplicativos móvel, por meio do ID, cria-se uma conta no site. O dispositivo de gateway fornecerá dados ao usuário em tempo real o monitoramento e controle preciso, vinte e quatro horas por dia sete dias por semana.

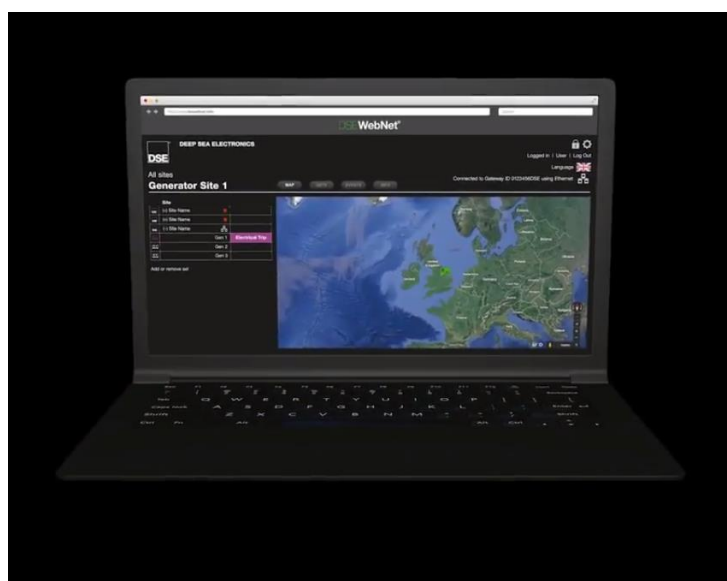


Figura 42 – Interface

Fonte: Deep Sea, 2017

As atividades de sensoriamento remoto e monitoramento da operação efetiva dos geradores, pode-se verificar a gestão de combustível, o consumo de energia e o status do motor, os quais também são disponibilizados pela DSE Web Net. Além de os relatórios atualizados e os dados principais que podem ser enviados diretamente

aos usuários via e-mail ou SMS, assim, tais informações permitem ser analisadas para evitar problemas a longo prazo que poderiam interromper operações.

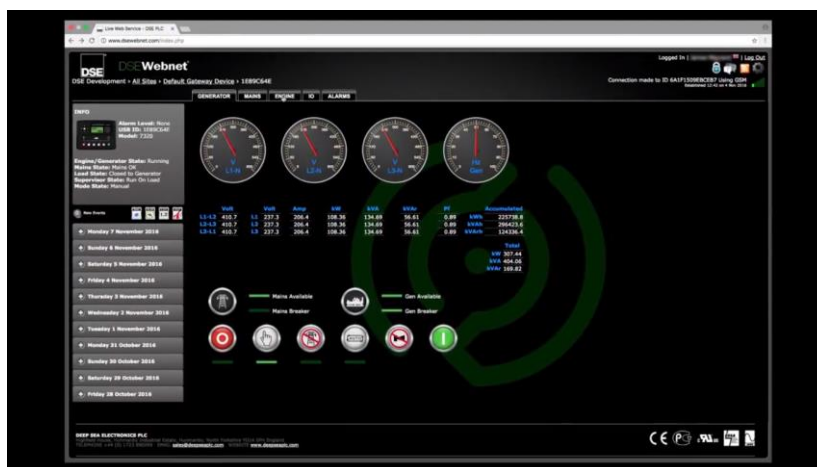


Figura 43 - Interface de Monitoramento e Controle

Fonte: Deep Sea, 2017

Notificações instantâneas manterão os eletricitistas do hospital atualizados com falhas em tempo real, além de apresentar condições de alarme, os dados atuais e os dados históricos de operação.



Figura 44 - Interface de Controle

Fonte: Deep Sea, 2017

## **7. CONCLUSÃO**

Portanto, podemos observar que a automatização entra no mercado para auxiliar as atividades diárias, fornecer mais precisão na atuação dos equipamentos e de alguma forma trazer economia aos usuários. Nesse presente estudo, concluímos que a aplicação do paralelismo entre geradores será de suma importância para o hospital Unimed – Volta Redonda, uma vez que garantirá a confiabilidade e estabilidade energética adequadas. Além de futuramente, resultar em um retorno financeiro preciso, uma economia financeira e a possibilidade do monitoramento remoto disponibilizado pela Deep Sea, que tornará as inspeções e manutenções da usina mais práticas, visto que todas as informações serão fornecidas no celular ou computadores.

## 8. REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

ABNT. NBR 14039 – Instalações elétricas de média tensão 1,0 kV a 36,2 kV. **Associação Brasileira de Normas Técnicas**. Disponível em: <[https://www.inesul.edu.br/site/documentos/instalacoes\\_eletricas\\_residenciais/normas/nbr\\_14039\\_instalacoes\\_eletricas\\_media\\_tensao.pdf](https://www.inesul.edu.br/site/documentos/instalacoes_eletricas_residenciais/normas/nbr_14039_instalacoes_eletricas_media_tensao.pdf)> Acesso em: abr. de 2020

ABNT.NBR17505 - Armazenamento de líquidos inflamáveis e combustíveis. **Associação Brasileira de Normas Técnicas**.2013.

ABNT. NBR 6855 – Transformador de potencial indutivo **Associação Brasileira de Normas Técnicas**. Disponível em: <[https://intranet.ifs.ifsuldeminas.edu.br/eder.clementino/GEST%C3%83O%20AMBIENTAL/GERENCIAMENTO%20AMBIENTAL\\_6%20GA/GERENCIAMENTO%20AMBIENTAL/NORMAS%20BRASILEIRAS%20REGULAMENTADORAS/NBR/NBR%2006855%20-%201992%20-%20Transformador%20de%20Potencial%20Indutivo.pdf](https://intranet.ifs.ifsuldeminas.edu.br/eder.clementino/GEST%C3%83O%20AMBIENTAL/GERENCIAMENTO%20AMBIENTAL_6%20GA/GERENCIAMENTO%20AMBIENTAL/NORMAS%20BRASILEIRAS%20REGULAMENTADORAS/NBR/NBR%2006855%20-%201992%20-%20Transformador%20de%20Potencial%20Indutivo.pdf)> Acesso em: mar. de 2020.

A GERADORA - **Como a energia elétrica chega até sua casa**, 2018. Disponível em: <<https://www.ageradora.com.br/como-a-energia-eletrica-chega-ate-sua-casa>> Acesso em: Fev. 2020

ANEEL. **Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional – PRODIST Módulo 3 – Acesso ao Sistema de Distribuição**. Disponível em: <[https://www.aneel.gov.br/documents/656827/14866914/PRODIST-M%C3%B3dulo3\\_Revis%C3%A3o7/ebfa9546-09c2-4fe5-a5a2-ac8430cbca99](https://www.aneel.gov.br/documents/656827/14866914/PRODIST-M%C3%B3dulo3_Revis%C3%A3o7/ebfa9546-09c2-4fe5-a5a2-ac8430cbca99)> Acesso em: jun. de 2020

BRASFORMER – BRASPEL. **TP 15 KV interno**. 2014. Disponível em: <<http://brasformer.com.br/produtos/trasformador-de-potencial-interno/tp-15-kv-interno/#>> Acesso em junho de 2020

BRASFORMER – BRASPEL. **TC 15 KV interno**. 2014. Disponível em: <<http://brasformer.com.br/produtos/transformador-de-corrente-interno/tc-15-kv-interno/#>> Acesso em junho de 2020

CATÁLOGO WEG. **Alternadores para Grupos Geradores**. Disponível em: <<https://www.weg.net/catalog/weg/BR/pt/Gera%C3%A7%C3%A3o%2C-Transmiss%C3%A3o-e-Distribui%C3%A7%C3%A3o/Geradores/Alternadores-para-Grupos-Generadores/Industrial/Linha-AG10/AG10280MI40AI-B15T-IP21-SAE-0-SAE-18/p/14402354>> Acesso em março de 2020

CHAPMAN, STEPHEN J. **Fundamentos de Máquinas Elétricas**. 5. ed. Porto Alegre: AMGH, 2013.

CLICK GERADORES. **Conheça os principais tipos de Geradores de Energia**. 2016. Disponível em: <<https://www.clickgeradores.com.br/blog/post/61/conheca-os-principais-tipos-de-geradores-de-energia>> Acesso em: abr. de 2020

ENERGIA GENRENT. **A importância dos geradores de energia nos hospitais e clínicas de saúde**. 2020. Disponível em: <<https://www.genrent.com.br/index.php?page=blog/noticias/a-importancia-dos-geradores-de-energia-nos-hospitais-e-nas-clinicas-de-saude>> Acesso em: abr. de 2020

FONTES DE ENERGIA. **Grupo Gerador Carenado**. Disponível em: <<https://www.fontesdeenergia.com.br/grupo-gerador-carenado>> Acesso em: mai. de 2020

MOTORES E GERADORES. **Princípio de funcionamento, instalação, operação e manutenção de grupos diesel geradores**. Disponível em: <<https://www.joseclaudio.eng.br/diesel2.pdf>> Acesso em mar. de 2020

MUNDO DA ELÉTRICA. **O que é corrente e tensão alternadas?** Disponível em: <<https://www.mundodaeletrica.com.br/o-que-e-corrente-e-tensao-alternadas/>> Acessado em: abr. de 2020.

ORNELLAS, Antonio; **Conversando sobre Ciências em Alagoas: A Energia dos Tempos Antigos aos dias Atuais**. Edição. Alagoas: Edufal, 2006. p. 1-71.

PALHANO, Gabriela de. Dois pacientes, entre eles jovens com suspeita de Covid-19, morrem em hospital do Rio por falta de luz **G1**. Rio de Janeiro, 08 de mai. De 2020. Disponível em: <<https://g1.globo.com/rj/rio-de-janeiro/noticia/2020/05/08/dois-pacientes-entre-eles-jovem-com-suspeita-de-covid-19-morrem-em-hospital-do-rio-apos-falta-de-luz.ghtml>> Acesso em: Jun de 2020.

PERFECTUM, Serviços de Engenharia Ltda. **Chave de Transferência Automáticas – (Chaves Reversoras), Sistemas de Baixa Tensão**. Disponível em: <<https://www.joseclaudio.eng.br/energia/ATS>> Acesso em: fev. de 2020

PORTAL DO MÉDICO. **Gerador de Energia Scania**. Disponível em: <<https://www.portaldomedico.com/produto/Gerador-de-Energia-Scania>> Acesso em jun. de 2020

PROTEÇÃO E SELETIVIDADE. **Capítulo I – Transformadores de corrente, potencial e bobinas de Rogowski para fins de proteção – Parte 1**. 2010. Disponível em: <[http://www.alfredo.eng.br/downloads/Prote%C3%A7%C3%A3o%20e%20Seletividade%20\(CI%C3%A1udio%20Mardegan\).pdf](http://www.alfredo.eng.br/downloads/Prote%C3%A7%C3%A3o%20e%20Seletividade%20(CI%C3%A1udio%20Mardegan).pdf)> Acesso em mai. de 2020

RADIADORES COROA – RC. **Radiadores – Máquinas/ Geradores/Tratores**. Disponível em: <<http://www.radiadorescoroa.com.br/promocoes/radiadores/maquinasgeradorestratores/1>> Acesso em maio de 2020

RIO DE JANEIRO. Decreto – LEI Nº 2.640, DE 23 DE OUTUBRO DE 1996. **Que obriga casas de saúde, clínicas, hospitais, bancos de sangue, spas e similares a terem gerador de energia elétrica**.

SÃO LEOPOLDO DIESEL. **Como funciona o sistema de combustão interna em motores a diesel**. Disponível em: <<https://www.entregadeoleodiesel.com.br/como-funciona-o-sistema-de-combustao-interna-em-motores-diesel/>> Acesso em: maio de 2020

SOUZA, Antônio Lopes. Máquina de Pixii. **Museu histórico virtual de máquinas elétricas**. 2012. Disponível em <[http://www.dee.ufrj.br/Museu/maquina\\_pixii.html](http://www.dee.ufrj.br/Museu/maquina_pixii.html)> Acesso em: mar. de 2020.

SALDAÑA, Paulo; COLETTA, Ricardo Della. Governo Bolsonaro entregou 6% dos respiradores prometidos durante pandemia de Covid-19. **Folha de São Paulo**. São Paulo, 18 de mai. de 2020. Disponível em: <<https://www1.folha.uol.com.br/cotidiano/2020/05/governo-bolsonaro-entregou-6-dos-respiradores-prometidos-durante-pandemia-de-covid-19.shtml>> Acessado em: 20 de abril de 2020.

SOTO FILHOS. **Grupo Gerador Cummins 170 KVA**. Disponível em: <[http://www.sotofilhos.com.br/cummins/grupo\\_gerador\\_cummins\\_170kva.html](http://www.sotofilhos.com.br/cummins/grupo_gerador_cummins_170kva.html)> Acesso em jun. de 2020

SOTO FILHOS. **Grupo Gerador Cummins 81 KVA.** Disponível em: <[http://www.sotofilhos.com.br/cummins/grupo\\_gerador\\_cummins\\_81kva.html](http://www.sotofilhos.com.br/cummins/grupo_gerador_cummins_81kva.html)> Acesso em jun. de 2020

TECMUNDO, **A história da eletricidade e de cientistas que mudaram o mundo.** Disponível em <<https://www.tecmundo.com.br/ciencia/122576-historia-eletricidade-cientistas-mudaram-mundo-video.htm>> Acesso em: abr. de 2020

TECNOGERA. **Papel dos Geradores a Diesel ou Gás Natural.** Disponível em: <<https://www.tecnogera.com.br/blog/papel-dos-geradores-a-diesel-ou-gas-natural-no-setor-de-saude>> Acesso em: abr. de 2020

WEG. **Alternadores Síncronos – Linha G Plus.** Disponível em: <<https://static.weg.net/medias/downloadcenter/h60/hbc/WEG-alternadores-sincronos-linha-g-plus-50013799-catalogo-portugues-br.pdf>> Acesso em: mai. de 2020