

CENTRO UNIVERSITÁRIO UNIFACVEST  
CURSO DE ENGENHARIA ELÉTRICA  
FABIO NUNES DOS SANTOS

**ESTUDO DO FUNCIONAMENTO E PRESERVAÇÃO  
DE GRUPOS MOTOGERADORES  
(GERADOR SÍNCRONO COM MOTOR DIESEL)**

LAGES  
2019

FABIO NUNES DOS SANTOS

**ESTUDO DO FUNCIONAMENTO E PRESERVAÇÃO  
DE GRUPOS MOTOGERADORES  
(GERADOR SÍNCRONO COM MOTOR DIESEL)**

Trabalho de graduação apresentado na disciplina de TCC II do Curso de Engenharia Elétrica do Centro Universitário UNIFACVEST.

Orientador: Prof. ME, Sílvio Moraes de Oliveira

Coorientador: Prof. Dr, Franciéli Lima de Sá

LAGES  
2019

FABIO NUNES DOS SANTOS

**ESTUDO DO FUNCIONAMENTO E PRESERVAÇÃO  
DE GRUPOS MOTOGERADORES  
(GERADOR SÍNCRONO COM MOTOR DIESEL)**

Trabalho de graduação apresentado na disciplina de TCC II do Curso de Engenharia Elétrica do Centro Universitário UNIFACVEST.

Orientador: Prof. ME, Sílvio Moraes de Oliveira

Coorientador: Prof. Dr, Franciéli Lima de Sá

Lages, SC \_\_\_\_/\_\_\_\_/2019. Nota \_\_\_\_\_

---

Coordenadora: Prof. Dr. Franciéli Lima de Sá

LAGES  
2019

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente agradeço a Deus, a família e os amigos que são a base de tudo, quem nos motiva e nos dá forças para levantar todos dias para correremos atrás daquilo que sonhamos, e conquistamos muitas vezes com dificuldades e esforços.

Agradeço também a todos os professores da instituição de ensino Centro Universitário Unifacvest, por nos passarem os seus conhecimentos com sabedoria e dedicação. E aos seus demais colaboradores que de alguma forma estiveram ali sempre presentes.

## RESUMO

O presente trabalho aborda sobre o funcionamento e a preservação dos geradores de energia elétrica, tendo como base pesquisa bibliográfica. A energia elétrica pode ser produzida por equipamentos que formam um grupo chamado de grupo motogerador, basicamente formado pelo gerador de energia elétrica e um equipamento motriz mecânico, neste caso o motor a diesel para garantir a continuidade. Este tema é de grande importância pela presença dos grupos motogeradores aplicados em atividades do dia a dia das pessoas, quando a falta de energia elétrica pelas concessionárias fazendo com que se torne importante o conhecimento do seu funcionamento e a forma de preservação. Este trabalho possibilita a compreensão de forma teórica o funcionamento e preservação dos geradores de energia. O estudo visa melhorar o conhecimento dos operadores ajudando na manutenção aumentando o tempo de vida útil dos geradores.

Palavra-chave: Geradores. Conhecimento. Funcionamento. Preservação.

## **ABSTRACT**

The present work deals with the operation and preservation of electric power generators, based on bibliographic research. Electrical energy can be produced by equipment that forms a group called a motor generator group, basically formed by the electric power generator and a mechanical power equipment, in this case the diesel engine to ensure continuity. This issue is of great importance because of the presence of the motor-generator groups applied to people's day-to-day activities, when the lack of electric energy by the concessionaires makes important the knowledge of its operation and the way of preservation. This work allows the theoretical understanding of the operation and preservation of energy generators. The study aims to improve operators' knowledge by improving maintenance by increasing the useful life of generators.

Keyword: Generators. Knowledge. Operation. Preservation.

## **Lista de Siglas**

GMG – Grupo motogerador

QTA – Quadro de distribuição automática

USCA – Unidade de supervisão de corrente alternada

## Lista de Figuras

Figura 1 - Sapata Polar .....	14
Figura 2- Sistema trifásico.....	18
Figura 3- Comportamento do gerador em vazio.....	18
Figura 4- Carga Resistiva.....	19
Figura 5- Carga Indutiva.....	20
Figura 6- Carga Capacitiva.....	21
Figura 7- Variação da corrente de excitação.....	21
Figura 8- Estator.....	22
Figura 9- Rotor .....	23
Figura 10- Polos lisos e polos salientes .....	23
Figura 11- Estator da excitatriz.....	24
Figura 12-Rotor da excitatriz e diodos retificadores girantes .....	25
Figura 13- Enrolamento auxiliar .....	25
Figura 14- Mancais de rolamento.....	26
Figura 15- Mancais de bucha ou (deslizamento).....	27
Figura 16- Exemplo de forma construtiva.....	28
Figura 17- Regulador de tensão.....	30
Figura 18- Tempo de regulação de tensão .....	31
Figura 19- Tempo de regulação de tensão .....	32
Figura 20- Diagrama de potência em função do ambiente.....	46
Figura 21 - Área de pré-produção e produção (Schio Agropecuária).....	50
Figura 22- Pré produção (Schio Agropecuária).....	51
Figura 23- Produção (Schio Agropecuária) .....	52
Figura 24- Grupo motogerador (Schio Agropecuária) .....	54
Figura 25- Grupos motogeradores (Schio Agropecuária).....	54

## Lista de Tabelas

Tabela 1 – Velocidades síncronas .....	14
Tabela 2 - Grau de proteção .....	37
Tabela 3 - Nível de potência sonora em db(A).....	39
Tabela 4 - Limites de vibração conforme IEC 60034-14 .....	39
Tabela 5- De acordo com normas navais, temperaturas ambientes e sobrecargas..	47

# Sumário

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	10
1.1 Objetivos .....	11
1.1.1 Objetivo Geral .....	11
1.1.2 Objetivos Específicos .....	11
1.2 Justificativa .....	11
1.3 Metodologia .....	11
<b>2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	12
2.1 Funcionamento e regimes de serviço .....	13
2.1.1 Princípio de funcionamento .....	13
2.1.2 Funcionamento e regimes de serviço .....	16
2.1.3 Geração de corrente trifásica .....	17
2.2 Funcionamento em vazio e sob carga .....	18
Tipos de cargas elétricas .....	19
2.3 Características construtivas do gerador .....	22
2.3.1 Estator .....	22
2.3.2 Rotor .....	22
2.3.3 Polos lisos ou polos salientes .....	23
2.3.4 Estator da excitatriz .....	24
2.3.5 Rotor da excitatriz e diodos retificadores girantes .....	24
2.3.6 Enrolamento auxiliar .....	24
2.3.7 Mancais .....	26
2.4 Características construtivas mecânicas adicionais .....	27
2.5 Geradores com excitação por escovas .....	28
2.6 Geradores sem escovas (brushless) .....	29
2.7 Regulador de tensão .....	30
2.8 Acionamento .....	32
2.9 Aplicação e instalação .....	33
2.10 Preservação dos grupos geradores .....	33
2.10.1 Localização de instalação .....	34
2.10.2 Fundação e assentamento .....	35

2.10.3 Graus de proteção.....	36
2.10.4 Sistema de combustível .....	39
2.10.5 Vazamento .....	40
2.10.6 Escapamento .....	40
2.10.7 Ventilação e arrefecimento .....	42
2.10.8 Ligações elétricas.....	43
2.10.9 Sistemas auxiliares .....	43
2.10.10 Baterias de partida .....	44
2.10.11 Aterramento .....	44
2.10.12 Vida útil dos geradores.....	44
2.11 Características do ambiente.....	44
2.11.1 Altitude .....	45
2.11.2 Temperatura ambiente .....	45
2.11.3 Atmosfera ambiente.....	46
<b>3 ESTUDO DE CASO .....</b>	<b>48</b>
<b>4 CONCLUSÃO .....</b>	<b>55</b>
<b>5 REFERÊNCIAS .....</b>	<b>57</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O presente trabalho apresenta o estudo do funcionamento e preservação de grupos motogeradores (gerador síncrono com motor diesel) com base em pesquisa bibliográfica para elaboração de orientações adicionais aos operadores de grupos motogeradores, além das simples instruções de acionamento.

De acordo com FERRAZ NETO (2011), todos os dispositivos que tem o objetivo de produzir energia elétrica por meio de energia mecânica, são máquinas geradoras de energia elétrica.

A escolha deste tema foi motivada pelo fato de que os geradores estão bastante presentes em atividades da vida das pessoas que necessitam de funcionamento na ocorrência de falta de fornecimento pelas concessionárias de energia elétrica, com o intuito de mostrar de forma teórica o conhecimento do funcionamento e preservação dos geradores.

A preservação dos grupos motogeradores tanto em operação contínua quanto para modo de emergência, exige alguns cuidados. Para o grupo poder fornecer sem ser danificado ou comprometer a sua via útil diminuindo-a, é necessário ter uma base de conhecimento sobre as condições de instalação necessárias e solicitações operacionais de testes de funcionamento. Com isto, os operadores podem dar subsídios mais consistentes sobre problemas quando são acionados equipes de manutenção e/ou assistência técnica dos grupos motogeradores.

Nos geradores existem variados componentes com funções específicas, fazendo com que o grupo motogerador trabalhe de maneira adequada, variando a sua forma construtiva conforme a necessidade do cliente, local de instalação e tipo de aplicação de carga.

O estudo do funcionamento e preservação de grupos geradores foi feito através de pesquisas em artigos, revistas, livros e sites de empresas de manutenção e fabricação de geradores, para elaborar uma orientação do conhecimento para operadores destes equipamentos.

## 1.1 Objetivos

### 1.1.1 Objetivo Geral

Passar para o operador um conhecimento básico do funcionamento dos grupos motogeradores a diesel, objetivando um maior tempo de vida útil dos mesmos.

### 1.1.2 Objetivos Específicos

- Identificar as características construtivas e de funcionamento dos geradores;
- Verificar o princípio de funcionamento, acionamento, e locais de instalação para a preservação do grupo motogerador;
- Analisar suas características de construção para a correta aplicação conforme necessidade para o funcionamento;

## 1.2 Justificativa

Diante de uma grande utilização de grupos motogeradores como fonte de geração de energia, é importante que se tenham diretrizes de preservação, funcionamento e o conhecimento dos componentes e da forma construtiva e do ambiente de instalação para minimizar a necessidade de manutenção desses equipamentos a fim de garantir um tempo de utilização prolongado. O desconhecimento do funcionamento e da forma de utilização dos grupos motogeradores acarreta em desgaste precoce das máquinas fazendo com que mal utilizados diminuam em até 50% do seu tempo de vida útil (WEG, 2017).

## 1.3 Metodologia

A metodologia utilizada foi através de pesquisa bibliográfica, de dados e de análise de documentos, fornecidas por técnicos e fabricantes de geradores síncronos e pesquisadores, fornecendo dados da caracterização, da preservação e do funcionamento dos geradores em seus âmbitos adequados.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

“Histórico de nascimento do gerador elementar inventado por volta de 1831: Inglaterra – Michael Faraday, EUA – Joseph Henry. O nascimento do primeiro sistema de produção de energia elétrica a partir de energia mecânica foi com o inglês Michael Faraday (1831), a ideia de Faraday consistia num gerador de energia elétrica, utilizando um disco de cobre que girava em um campo magnético formado por polos de um ímã de ferradura e conseqüentemente produzia uma corrente elétrica contínua”.

Para VINCENT DEL TORO (1990), é essencial a compreensão do eletromagnetismo para grande parte dos mecanismos encontrados nas indústrias, residências, etc. São variadas as maneiras e locais de aplicações de motores e geradores elétricos. Dependem do campo eletromagnético como elemento de acoplamento, permitindo a transformação da energia de um sistema elétrico para um sistema mecânico e vice-versa.

De acordo com FERRAZ NETO (2011), máquinas que geram energia elétrica, tem duas partes distintas que são principais: o estator, que é um conjunto de partes ligadas de forma rígida a carcaça, e o rotor, que gira em torno do eixo que é apoiado aos mancais que são fixados na carcaça e no indutor, responsável em produzir o campo magnético gerando a corrente induzida.

Afirma BASÍLIO FILHO (2010), quando a corrente elétrica é induzida por meio de um circuito elétrico fechado, proporcional ao fluxo magnético que foi induzido no circuito, se compara na mesma experiência de aproximar um ímã de uma espira de um fio condutor, que deverá ser conectado a um galvanômetro, que é um instrumento que acusa a passagem de corrente elétrica induzida pela espira. Sendo necessária a presença do campo magnético variado, para conseguir é necessário a movimentação do ímã próximo a espira.

Disse GALDINO (2011), que o gerador foi inventado na Inglaterra em 1831 por Michael Faraday. Seu funcionamento consistia no movimento de um eletroímã no interior de uma espira, esse movimento provocava o aparecimento de uma f.e.m, gerando uma forma de variação capaz de criar uma tensão elétrica.

KARDEC E NASCIF (2009), relatam que para garantir a correta função dos equipamentos e instalações para que possam atender um processo de produção e/ou

de serviço, com segurança, com confiabilidade, preservação e reduzidos custos de manutenção, defendem que os cuidados de preservação exigem uma mudança cultural da empresa, tentar alterar situações de mau desempenho e melhorar padrões e sistemas, não apenas de desempenho, mas também dentro dos padrões de preservação corretos, visando sempre o aumento da competitividade.

## 2.1 Funcionamento e regimes de serviço

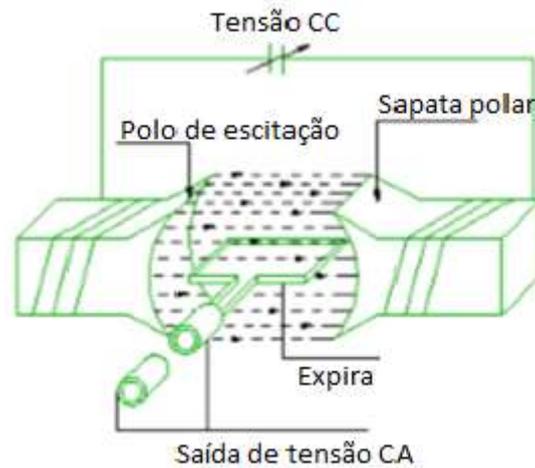
### 2.1.1 Princípio de funcionamento

O princípio de funcionamento de um gerador está baseado em um movimento entre um condutor e um campo magnético. No gerador síncrono, os condutores são fixos na armadura e o campo magnético é constituído pelo movimento da máquina primária que faz ele girar.

O rotor com campo CC gira em uma velocidade uniforme entre uma espira e um campo magnético, esse campo dá-se por um ímã permanente ou uma bobina com excitatriz. Um ímã permanente produz um campo magnético, nesse campo magnético vamos emergir uma espira, o princípio de funcionamento está em um movimento relativo entre a espira e o campo magnético. Dois anéis são conectados aos terminais da espira, ligados no circuito externo através de escovas, denominando-se gerador de armadura giratória. Então essa espira denomina-se bobina. Essa bobina gira em um sentido com uma velocidade uniforme dentro do campo magnético. Segundo a lei de Faraday (indução) tem-se um valor de força eletromotriz (f.e.m). A Figura 1 apresenta a configuração de geração de energia (WEG, 2017).

O condutor em função do tempo passa pela variação da força eletromotriz que é distribuída pela lei da indução magnética sob um polo. Passa por uma distribuição de indução referente ao formato da chamada sapata polar. Essa sapata é proveniente de um formato, apresentado na Figura 1, que faz a distribuição senoidal das induções. Então com a indução da força eletromotriz tem a variação do condutor com o tempo sob a lei senoidal.

Figura 1 - Sapata Polar



Fonte: WEG. Características e especificações de geradores. (2017)

Para um gerador com um par de polos, o ciclo completo de tensão gerada se dá a cada giro das espiras. As espiras podem ser construídas em números maiores, porém necessitam ser sempre pares, alternando entre norte e sul. A Tabela 1 apresenta a rpm e a frequência conforme o número de polos.

Tabela 1 – Velocidades síncronas

Número de polos	60HZ	50HZ
2	3600	3000
4	1800	1500
6	1200	1000
8	900	750
10	720	600
12	600	500

Fonte: O autor (2019) WEG(2017)

Para chegarmos nesses valores usamos a Equação (1):

$$f = \frac{p.n}{120}$$

(1)

Onde:

f - frequência (Hz)

p - número de polos

n - rotação (rpm)

120 - Ângulo de defasagem

O gerador é composto por um grupo, que é o motor diesel e seus acessórios que dizem respeito a ele e o gerador, formando assim o que é chamado de GMG (grupo motogerador).

O gerador necessita de uma máquina primária também chamada de Motriz, no caso deste trabalho essa máquina é o motor diesel que é a fonte de energia mecânica, e vai acoplado ao gerador fazendo ele girar na rotação necessária para a geração de energia elétrica. Esse motor diesel pode variar de tamanho e potência dependendo da necessidade de carga de energia elétrica que o alternador irá fornecer conforme a necessidade do cliente, ou seja, dependendo da quantidade de carga que é dimensionado o alternador e conseqüentemente o motor diesel.

O gerador síncrono, tem as rotações no rotor dele igual às rotações que se tem na fonte de energia mecânica que é o motor diesel, e a frequência gerada é proporcional a velocidade de rotação do motor, sendo que com maior número de polos, as rotações do motor são diminuídas, porque a frequência gerada deve ser de 60Hz, no caso do Brasil.

GMG's também podem ser ligados em paralelo, sendo utilizados tanto para segurança quanto para soma de carga. Para segurança, utiliza-se a configuração  $n+1$ , o que permite a manutenção de cada unidade sem perda de carga, porque  $n$  unidades atendem a soma da carga.

O sincronismo entre geradores é uma conexão elétrica entre um gerador e um barramento energizado, onde a frequência de geração e as f.e.m estão em fase e com mesmo valor (WEG 2017).

Só geradores sincronizados podem ser ligados em paralelo, se não haverá desequilíbrio de carregamento, podendo haver consumo de energia por um gerador. Esse sincronismo entre dois ou mais geradores depende das fases, frequência e valores de tensão. Para o paralelismo entre os GMG's é necessário esse tal

sincronismo, esse sincronismo é de responsabilidade da unidade de supervisão de corrente alternada (USCA).

Quando em paralelo, os GMG's supervisionados por um sistema de controle, tem o seguinte comportamento:

- Se um GMG excede sua capacidade por acaso da inserção de novas cargas, vai demandar a entrada de um outro GMG para suprir a demanda.
- Um número maior de GMG's inseridos aumenta a confiabilidade do sistema, por não exigir normalmente, carregamento completo de cada GMG.

Os geradores têm o que é chamado de regime de serviço, que é o grau de regularidade da carga que o gerador é submetido. O gerador é projetado para regime contínuo, ou seja, para carga constante, por tempo indefinido e igual a potência nominal da máquina. Porém existe os chamados regimes de serviço, eles são especificados conforme tempo de funcionamento, carga e temperatura ambiente.

### 2.1.2 Os regimes de serviço

#### Regime contínuo

Temperatura ambiente até  $40^{\circ}\text{C}$  /  $\Delta T = 125^{\circ}\text{C}$ , operando com carga constante, singela ou em paralelo com a rede, sem limite de horas anuais com fator de carga 100%. Nesse regime não é admitida a possibilidade de sobrecarga (WEG 2017).

#### Prime por tempo limitado

Temperatura ambiente até  $40^{\circ}\text{C}$  /  $\Delta T = 125^{\circ}\text{C}$ , operando com carga constante por número limitado de horas, 500 horas por ano. Seu uso é indicado para onde as faltas de energia são programadas. (Esse regime é previsto na ISO 8528, IEC 60034 e NEMA MG1) (WEG 2017).

#### Prime por tempo ilimitado

Temperatura ambiente até  $40^{\circ}\text{C}$  /  $\Delta T = 150^{\circ}\text{C}$ , operando com carga variável por número ilimitado de horas anuais, onde não é confiável ou não há rede comercial.

Neste regime, a potência média não deve exceder 70% da potência prime, nessa situação o gerador está apto a suportar 10% de sobrecarga por um período de 1 hora a cada 12 horas de funcionamento, com limite de 25 horas por ano (WEG 2017).

#### Potência de emergência stand-by

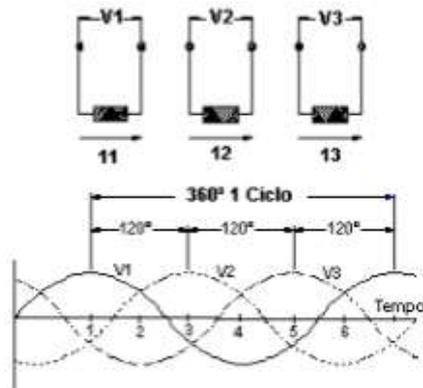
Temperatura ambiente  $40^{\circ}\text{C}$  /  $\Delta T = 150^{\circ}\text{C}$ , operando como back-up de energia, alimentando cargas variáveis em situações de emergência, utilizado em locais supridos por rede comercial ou outra fonte de energia principal. Sua potência de carga média deverá ser de 70% no máximo da potência de emergência com número de horas limitado. (Esse regime é previsto na ISO8528, IEC 60034 e NEMA MG1).

Para a mesma potência de emergência standy-by mas com temperatura ambiente até  $27^{\circ}\text{C}$  /  $\Delta T = 163^{\circ}\text{C}$ , a condição é semelhante para a temperatura  $40^{\circ}\text{C}$ , porém a temperatura máxima obtida é  $27^{\circ}\text{C}$  (WEG 2017).

#### 2.1.3 Geração de corrente trifásica

Para podermos gerar uma corrente trifásica, precisamos da formação de três correntes monofásicas, ou seja, tensões  $U_1$ ,  $U_2$  e  $U_3$ . Mostradas na Figura 2, essas tensões necessitam de um ângulo de defasagem de  $120^{\circ}$ . Nesse tipo de gerador o enrolamento é constituído por três conjuntos de bobinas dispostas no espaço simetricamente, formando esse ângulo de  $120^{\circ}$ . Esse sistema necessita ser equilibrado, ou seja,  $U_1 = U_2 = U_3$ , deverá ser de igual quantidade de espiras em cada bobina (WEG 2017).

**Figura 2- Sistema trifásico**

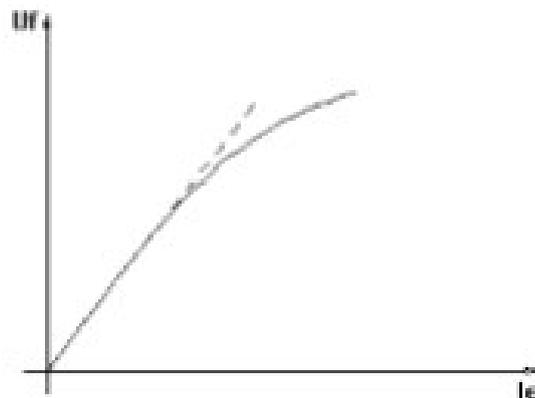


**Fonte: WEG. Características e especificações de geradores. (2017)**

## 2.2 Funcionamento em vazio e sob carga

Quando o gerador trabalha em vazio mas (com rotação constante), a tensão da armadura vai depender do fluxo magnético gerado pelos polos de excitação, ou da corrente que circula pelo rotor. Como visto na Figura 3, isso acontece porque não percorre corrente no estator, nesse caso a reação da armadura é nula, cujo efeito é alterar o fluxo total. Essa característica entre tensão gerada e a corrente de excitação é chamada de característica a vazio, exemplo na Figura 3 (WEG, 2017).

**Figura 3- Comportamento do gerador em vazio**



**Fonte: WEG. Características e especificações de geradores. (2017)**

$U_f$  = Tensão gerada em vazio

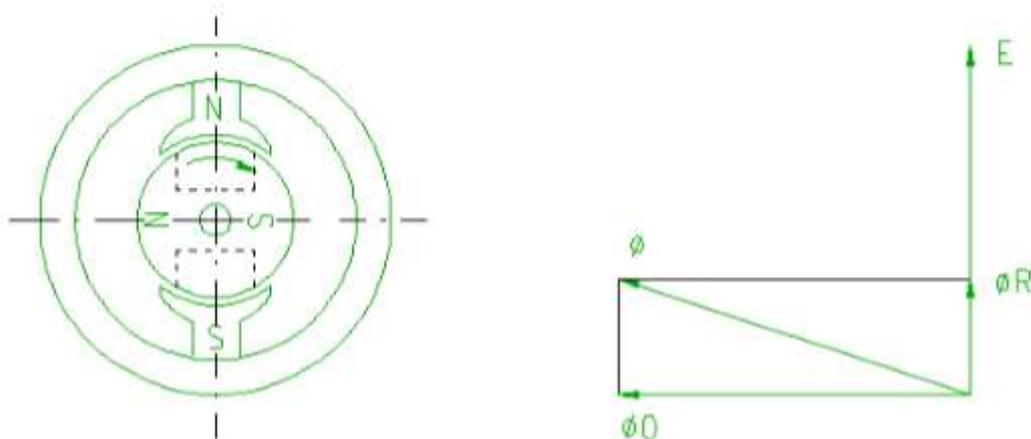
$I_e$  = Corrente de excitação em vazio

## Tipos de cargas elétricas

### Carga resistiva

Se um circuito é alimentado pelo gerador com carga resistiva, como mostra a Figura 4, é alimentado um campo magnético próprio pela corrente de carga. O campo magnético induzido produz dois polos defasados de  $90^\circ$  atrasado em relação aos polos principais, exercendo uma força contrária ao movimento nos polos induzidos, gastando a potência mecânica para se manter o rotor girando. Nesse caso ocorre uma alteração do fluxo principal em vazio em relação ao fluxo de reação da armadura. Essa alteração é pequena, não produzindo uma variação muito grande ao fluxo resultante. Porém haverá a necessidade de aumento de corrente de excitação para manter a tensão nominal devido a perda de tensão nos enrolamentos da armadura (WEG 2017).

**Figura 4- Carga Resistiva**



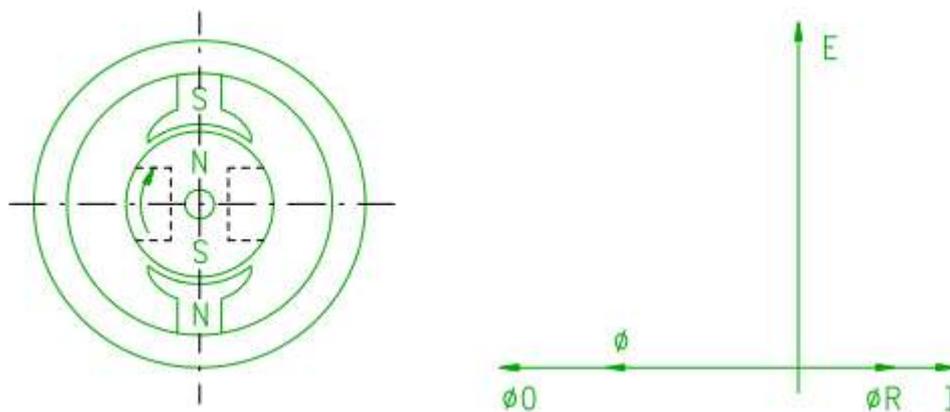
**Fonte: WEG. Características e especificações de geradores. (2017)**

### Carga indutiva

A corrente de carga está defasada em  $90^\circ$  atrasado em relação a tensão, e o campo de reação da armadura estará conseqüentemente na mesma direção do campo principal, mas em polaridade oposta. Apresentado na Figura 5, a carga indutiva é de efeito desmagnetizante. As cargas indutivas armazenam energia no seu campo

indutor devolvendo totalmente ao gerador, não exercendo nenhum conjugado frenante sobre o rotor. Será necessário, energia mecânica para compensar as perdas. Em consequência ao efeito desmagnetizante será necessário um grande aumento da corrente de excitação para se manter a tensão nominal (WEG 2017).

**Figura 5- Carga Indutiva**



**Fonte: WEG. Características e especificações de geradores. (2017)**

### Carga capacitiva

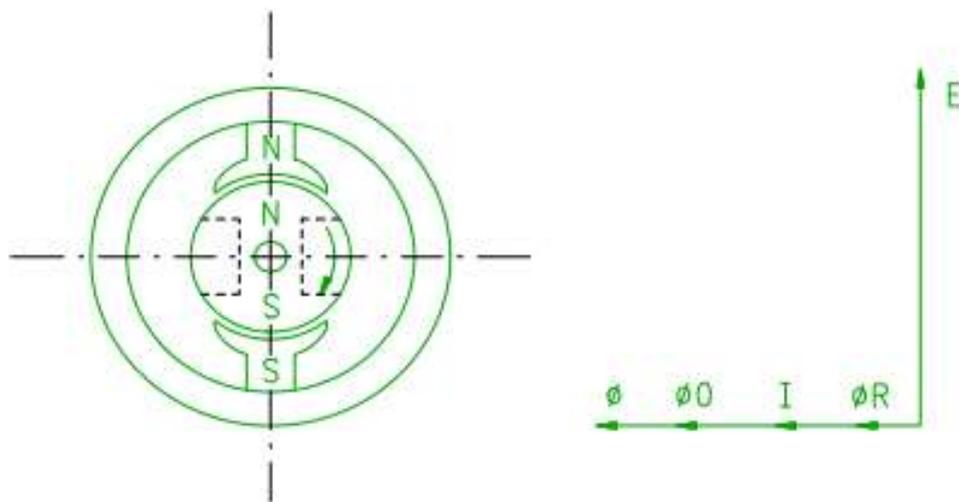
Conforme apresentada na Figura 6. A corrente de armadura está defasada adiantada em  $90^\circ$ , em relação a tensão. O campo da reação de armadura estará consequentemente na mesma direção do campo principal, e com a mesma polaridade. Neste caso, o campo induzido, terá um efeito magnetizante. Essas cargas armazenam energia no seu campo elétrico e devolvem totalmente ao gerador, não exercem também, nenhum conjugado frenante sobre o rotor, como nas cargas indutivas. Como nesse caso o efeito é magnetizante, será necessário reduzir a corrente de excitação para manter a tensão nominal (WEG 2017).

### Cargas intermediárias

O que encontramos na prática, são cargas com defasagem intermediária entre resistiva, capacitiva e indutiva. Conforme a Figura 7.

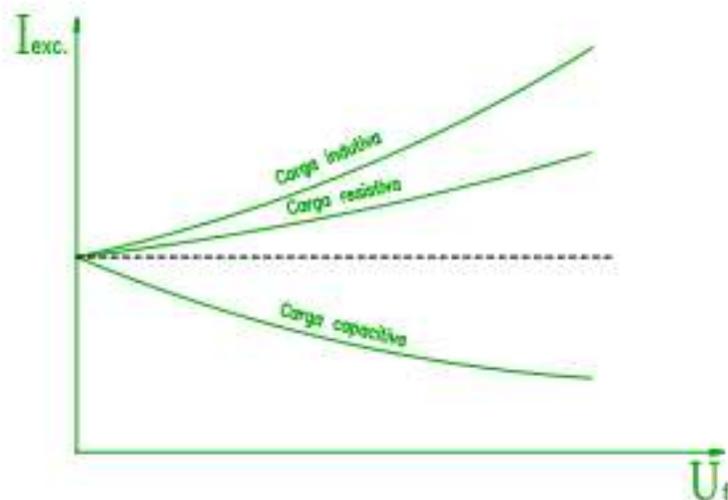
O campo pode ser decomposto em dois campos, um transversal e outro desmagnetizante (indutiva) ou magnetizante (capacitiva). Apenas o campo transversal tem um efeito frenante, desta forma, consumindo potência mecânica da máquina acionante. Para compensar o efeito magnetizante ou desmagnetizante, é alterar a corrente de excitação (WEG 2017).

Figura 6- Carga Capacitiva



Fonte: WEG. Características e especificações de geradores. (2017)

Figura 7- Variação da corrente de excitação



Fonte: WEG. Características e especificações de geradores. (2017)

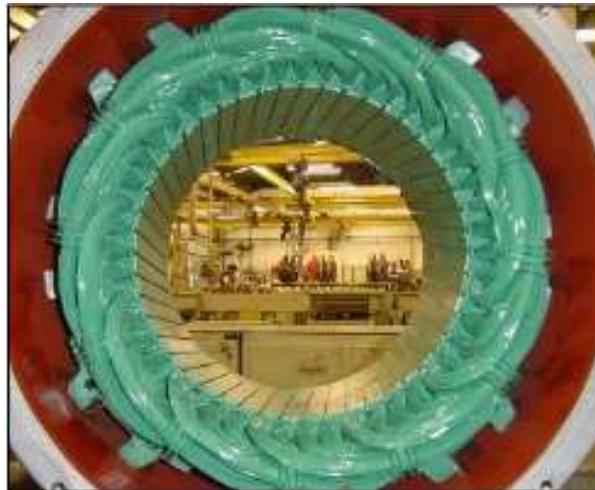
## 2.3 Características construtivas do gerador

A construção de um gerador é dividida em vários componentes, cada um desses componentes é responsável por alguma atividade funcional. Os principais componentes são:

### 2.3.1 Estator

Geralmente a carcaça dos geradores é fabricada em formato tubular, mostrado na Figura 8. O núcleo do estator, é formado por um pacote de chapas e é prensado ou fixado em nervuras na carcaça. Compostas por material isolante, as bobinas são fixadas por cunhas nas ranhuras da carcaça, as cabeças dos enrolamentos passam por tratamento de fortalecimento para ficarem resistentes às vibrações. Algumas são tratadas por um sistema de impregnação de pressão a vácuo.

**Figura 8- Estator**



**Fonte: WEG. Características e especificações de geradores. (2017)**

### 2.3.2 Rotor

Apresentado na Figura 9, seus polos são formados por camadas de chapas, acomodando o enrolamento de campo. Para quando há variações nas cargas, seu amortecimento se dá através de uma gaiola para compensação.

**Figura 9- Rotor**

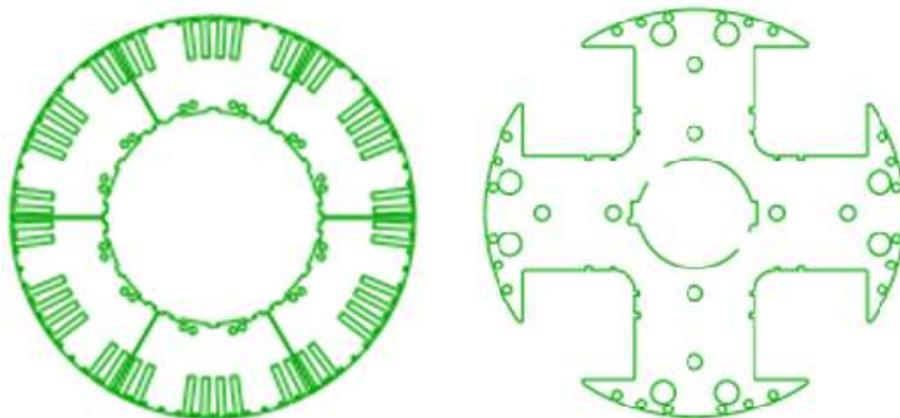
Fonte: WEG. Características e especificações de geradores. (2017)

### 2.3.3 Pólos lisos ou pólos salientes

Os rotores de polos lisos (cilíndricos) são os quais o entreferro é constante, não havendo intervalos ao longo de toda sua periferia do núcleo do ferro. Em geral número de polos reduzidos e elevada rotação. Usada normalmente para potências elevadas.

Os de polos salientes apresentam uma descontinuidade ao longo da periferia do entreferro no seu núcleo, onde o entreferro é muito grande, tornando visível a saliência dos polos chamadas de regiões interpolares. Maior número de polos com menor rotação. Usado normalmente para menores potências.

Os geradores síncronos são construídos com rotores de polos lisos e polos salientes, como exemplo na Figura 10, a diferença desses dois está também ligado às diferenças de potências e rotações consequentemente.

**Figura 10- Polos lisos e polos salientes**

Fonte: WEG. Características e especificações de geradores. (2017)

### 2.3.4 Estator da excitatriz

Apresentado na Figura 11. Ligadas em série, as bobinas de campo são acomodadas por polos, conectada ao regulador de tensão ou por bornes na caixa de ligação da excitatriz. A excitatriz principal é um gerador trifásico de polos salientes.

### 2.3.5 Rotor da excitatriz e diodos retificadores girantes

As ranhuras do rotor abrigam um enrolamento trifásico, ele é laminado e montado sobre o eixo da máquina principal, como no exemplo da Figura 12. A ligação dele para os diodos retificadores é, um dos lados conectado ao suporte positivo e outro sobre o suporte negativo.

### 2.3.6 Enrolamento auxiliar

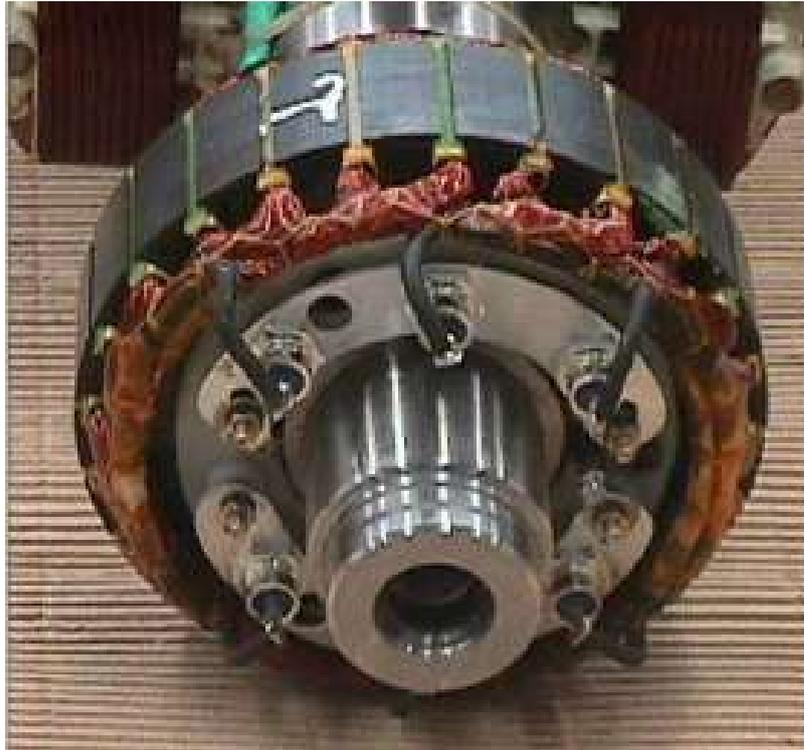
A excitatriz é alimentada, retificada e controlada pela potência do regulador de tensão, fornecida através da também chamada de bobina auxiliar, Figura 13.

**Figura 11- Estator da excitatriz**



**Fonte: WEG. Características e especificações de geradores. (2017)**

**Figura 12-Rotor da excitatriz e diodos retificadores girantes**



Fonte: WEG. Características e especificações de geradores. (2017)

**Figura 13- Enrolamento auxiliar**



Fonte: WEG. Características e especificações de geradores. (2017)

### 2.3.7 Mancais

Um dos mais importantes componentes para os geradores, é um dispositivo mecânico apoiado a um eixo girante, oscilante ou deslizante com um mínimo atrito que permite o movimento. Tem sua durabilidade determinado por alguns fatores de importância para o gerador:

- Velocidade de operação;
- Esforços axiais e radicais aplicados ao mesmo;
- Correta Manutenção e lubrificação;
- Condições ambientais às quais são submetidos.

#### Mancais de rolamento

Lubrificados com graxa são constituídos por esferas, mostrados na Figura 14, podem ser especificados de rolos ou rolamentos lubrificados a óleo dependendo dos seus esforços e da aplicação.

**Figura 14- Mancais de rolamento**



**Fonte: WEG. Características e especificações de geradores. (2017)**

### Mancais de bucha ou (deslizamento)

São mais específicos, possuem casquilhos, são lubrificados a óleo (possuindo reservatório próprio e anéis pescadores) e podem ser abertos para inspeção sem ser retirado da máquina, mostrados na Figura 15. São refrigerados naturalmente, em alguns casos essa refrigeração se torna insuficiente, utilizando uma refrigeração externa com circulação de óleo. Sistema que possui basicamente um reservatório, bombas e trocador de calor, pressurizando os mancais, refrigerando através da gravidade. Mas também, esses sistemas podem variar de acordo com o tamanho da máquina, rotação de trabalho, peso do rotor e tipo de aplicação. Algumas utilizam o sistema citado e outras variam, utilizando o sistema Jacking oil (“levantamento” do eixo durante a partida e parada) ou uma injeção de óleo com alta pressão nos mancais nos momentos de partida e parada da máquina.

**Figura 15- Mancais de bucha ou (deslizamento)**



**Fonte: WEG. Características e especificações de geradores. (2017)**

### 2.4 Características construtivas mecânicas adicionais

Como um exemplo na Figura 16, os geradores são fabricados de diferentes formas definidas por modelos padrões de acordo com aplicações ou com a

necessidade do cliente. Com mancal único ou duplo, pedestais fixados na base e caixa de ligação ou fixados na tampa e tampa da carcaça, montagem horizontal ou vertical, com discos flexíveis ou flanges, acoplamento por ponta de eixo lisa com flange ou sem, e fixação na base ou na caixa de ligação no topo.

**Figura 16- Exemplo de forma construtiva**



**Fonte: WEG. Características e especificações de geradores. (2017)**

## 2.5 Geradores com excitação por escovas

O rotor é alimentado para a retirada das cargas de alimentação do estator, através de escovas, por corrente contínua e anéis coletores, sua tensão de saída é alternada, chamada normalmente de excitatriz estática, que alimenta o campo. O regulador de tensão mantém a tensão de saída constante conforme suas características nominais. O processo de escorvamento, se inicia pela pequena tensão residual quando acionado com a excitatriz desconectada. A corrente é aplicada contínua no rotor, tendo assim um tempo de resposta menor na recuperação de tensão. Não pode ser utilizado em atmosferas explosivas. Sua manutenção necessita ser periódica no porta escovas e conjunto de escovas. Possibilitando a geração de interferências em função do contato entre escova e anéis, não é aconselhável a utilização em cargas de telecomunicações e sensíveis.

## 2.6 Geradores sem escovas (*brushless*)

Nesse modelo de geradores, não utiliza escovas e anéis de coletores, utiliza-se indução magnética somente. Esse modelo de gerador utiliza um componente chamado de excitatriz principal com campo fixo e armadura girante. A armadura da excitatriz é montada no próprio eixo do gerador. Possui também um circuito retificador, chamado de diodos girantes, que também vão montado no eixo do gerador, e é o que faz a alimentação do campo principal em corrente contínua. Esses diodos recebem a tensão alternada do rotor da armadura da excitatriz (excitatriz principal), e a tensão esta induzida pelo campo da excitatriz (estator da excitatriz principal), que é alimentado em corrente contínua proveniente do regulador de tensão. A figura mostra um esquema dos componentes montados no rotor de um gerador com excitação *brushless*.

A tensão de saída do gerador é monitorada constantemente no estator da excitatriz pelo regulador de tensão, que mantém a tensão de saída do gerador constante.

A tensão de saída (alternada) do gerador, é retirada do seu estator para alimentação das cargas.

Nesse tipo de geradores, a alimentação do regulador de tensão pode ser obtida de várias maneiras, definindo o tipo de excitação do gerador. São:

- Alimentação com a bobina auxiliar, é definido por um conjunto de bobinas independente, que são alojados em algumas ranhuras do estator da armadura principal. Funcionando como fonte independente de potência para o regulador de tensão. O regulador alimenta o campo da excitatriz principal com tensão retificada e regulada, recebendo a tensão alternada dessa fonte. Em condições de operação normal, é produzida uma tensão monofásica de frequência nominal do gerador na bobina, sofrendo algumas distorções pequenas na forma de onda dependendo o tipo de carga, resistiva, capacitiva ou indutiva. Em situações de curto-circuito, produz uma tensão monofásica de terceira harmônica que continua alimentando o regulador de tensão independente e mantém o curto-circuito.

- Alimentação através de excitatriz auxiliar a ímãs permanentes, que possui campo no rotor, a ímãs, montado no próprio eixo do gerador, e o estator é fixado na tampa

traseira ou na base do gerador (varia em alguns modelos). A excitatriz auxiliar também funciona como uma fonte de potência independente para o regulador de tensão. Esse regulador recebe a tensão trifásica alternada gerada na armadura da excitatriz auxiliar, retifica, regula e aplica no campo da excitatriz principal.

- Alimentação sem excitatriz auxiliar, pelo próprio enrolamento de armadura ou alimentação externa onde há presença de rede. O regulador recebe tensão alternada de uma dessas fontes, retifica, regula e aplica no campo da excitatriz principal.

## 2.7 Regulador de tensão

O funcionamento do regulador de tensão, Figura 17, é eletrônico e automático. Sua finalidade é o monitoramento da tensão terminal do gerador, e mantê-lo constante no valor ajustado independente das variações da carga. Ele retifica uma tensão trifásica proveniente da bobina auxiliar, da excitatriz auxiliar, da rede, levando através de um transistor de potência até o enrolamento de campo da excitatriz principal. Para assegurar um controle confiável do gerador, possui circuitos ajustes e proteção.

**Figura 17- Regulador de tensão**

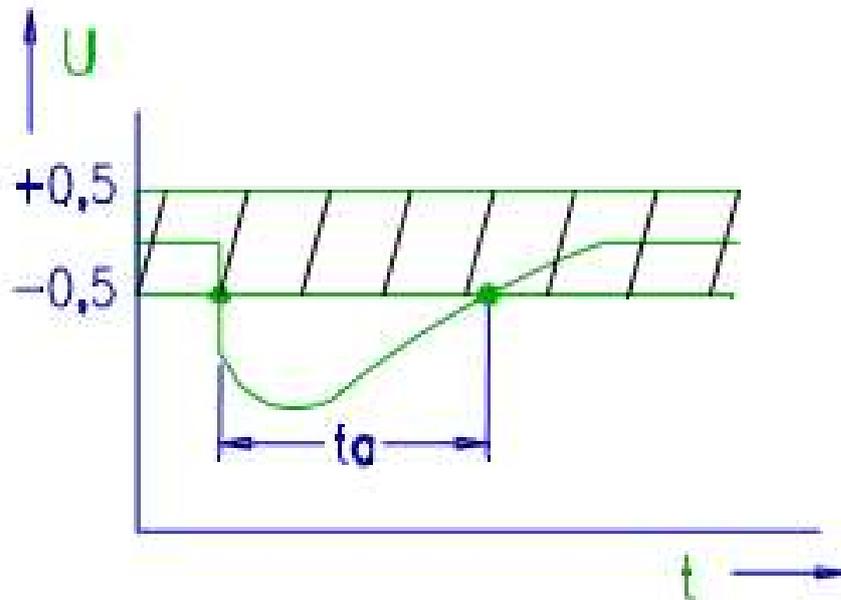


**Fonte: WEG. Características e especificações de geradores. (2017)**

## Tempo de resposta do regulador de tensão

O tempo de resposta de regulação pode ser entendido como, o tempo transcorrido desde o início de uma queda de tensão até o momento em que a tensão volta ao intervalo de tolerância estacionária. Mostrada como exemplo na Figura 18.

**Figura 18- Tempo de regulação de tensão**



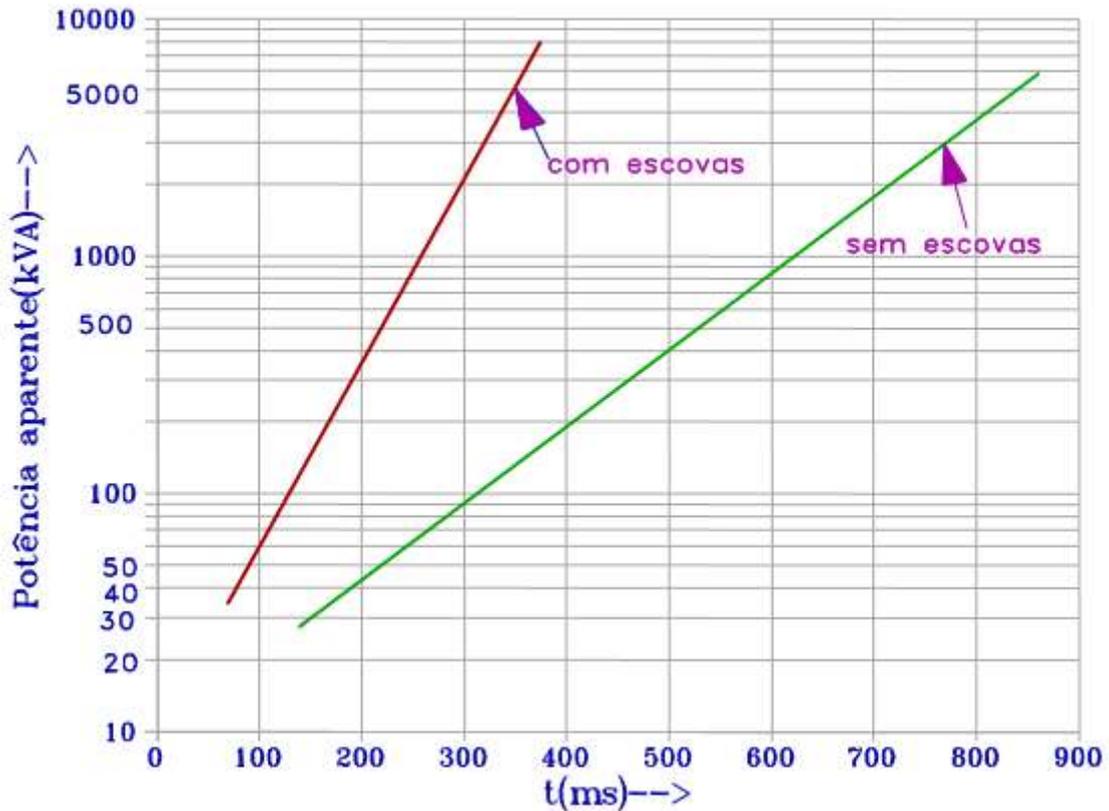
**Fonte: WEG. Características e especificações de geradores. (2017)**

O tempo de regulação só pode ser indicado aproximadamente, porque exato, na prática depende de inúmeros fatores.

Em variadas condições, os tempos de regulação valem para degraus de cargas nominais a serem consideradas, e podem ser calculados proporcionalmente à queda de tensão.

Na Figura 19, vemos um exemplo de tempo de regulação de tensão.

Figura 19- Tempo de regulagem de tensão



Fonte: WEG. Características e especificações de geradores. (2017)

## 2.8 Acionamento

A USCA é um equipamento microprocessado utilizado em (quadro de transferência automática) QTA, é a responsável por coletar informações da rede elétrica, como a tensão e a corrente tanto do GMG quanto da rede elétrica a partir de análises, é a responsável pelo acionamento dos GMG's e faz a transferência, podendo acionar junto com a rede e efetuar o sincronismo de frequência e tensão com a rede, ficando assim o GMG e a rede ligadas juntas, a USCA faz a transferência de carga, podendo ser total ou para transferência em rampa. Ela em geral faz o controle da tensão da excitatriz do GMG (para controle da saída de tensão) e a velocidade do motor (para controle da frequência) e também monitora os dados do grupo e efetua a proteção e o arrefecimento quando necessário. Quando se tem um número maior de GMG's usa-se uma USCA para cada GMG.

## 2.9 Aplicação e instalação

Se tratando de energia elétrica, esta é uma forma de geração, é um sistema de alimentação de energia elétrica. Sua correta aplicação e instalação são essenciais, deve ser planejado e executado corretamente e cuidadosamente para um adequado funcionamento.

Sua aplicação deve ser referente ao projeto com todo o sistema de alimentação, bases de montagem, ventilação, refrigeração, sistemas de combustível e escape. Sua aplicação e projeto são geralmente realizados por engenheiros e técnicos especialistas treinados, que são responsáveis por todo o sistema de alimentação, escolha de materiais e produtos necessários, cada componente precisa ser corretamente projetado para o correto funcionamento.

A instalação é referente a montagem real e a configuração do sistema de alimentação. As configurações da instalação necessitam ser ligados conforme específico no projeto, então geralmente exige competências especiais de eletricitistas, mecânicos, hidráulicos etc. Essa necessidade se dá para a adequação de todos os componentes para conclusão dos vários segmentos da instalação.

## 2.10 Preservação dos grupos geradores

Alguns fatores são importantes para a preservação dos grupos motogeradores, cuidados que necessitam ser tomados no seu acionamento, durante seu funcionamento e até mesmo quando permanecem por muito tempo desligados. Esse último levando em consideração que são instalados para situações de emergência que por muitas vezes ficam vários dias sem ser acionados, permanecem muito tempo desligados e sem o acionamento periódico que deve existir por causa de componentes que danificam por falta de trabalho. Um exemplo que vale citar: é um modelo de rolamento do mancal, esse possui uma lubrificação por graxa, essa graxa permanece por muito tempo parada (sem o funcionamento do rolamento), ela separa um composto de sua estrutura, assim, ela fica pastosa fazendo com que quando necessita o acionamento, fica muito pesado trabalhando superaquecendo o seu enrolamento diminuindo a vida útil do gerador, ou até mesmo trancando não permitindo o acionamento.

Outros fatores, como pisos mal estruturados, desnivelados que possam causar e/ou elevar a trepidação da máquina, causa danos e desgastes na estrutura construtiva e também causando assim a diminuição no rendimento (trabalho) do gerador. O mesmo causa maiores desgastes nos componentes construtivos e conseqüentemente eleva o consumo de combustível do motor. Locais de ventilação reduzida e/ou exposta a umidade aceleram a diminuição de vida útil do gerador. O Superaquecimento da máquina faz com que ela exerça uma função de dissipação do excesso de calor diminuindo o seu rendimento, e a umidade por sua vez descaracteriza as partes metálicas da carcaça e componentes construtivos aumentando a sua exposição à ferrugem (MOTORMAC 2013).

Para a preservação do tempo de vida útil dos grupos geradores, é necessário levar em consideração não só o acionamento e funcionamento com os cuidados de cargas adequadas, mas também cuidados desde o seu processo de montagem, fixação e instalação em locais adequados. Esses cuidados são necessários, e também o comprometimento de adequação na hora de instalação procurando por pessoal treinado para executar toda essa parte e também a operação. Alguns cuidados que devem ser tomados na hora da instalação:

- Local de montagem com superfície nivelada;
- Adequação da entrada de ar frio;
- Adequação da saída de ar quente;
- Descarga dos gases de escape;
- Isolamento de vibração;
- Níveis de ruído;
- Ligações elétricas;
- Fácil acesso para assistência e operação.

#### 2.10.1 Localização de instalação

A localização para instalação do grupo gerador é decidida relacionado por sistemas tais como, elétrica, combustível, escape e ventilação. O posicionamento do

grupo gerador necessita ficar o mais próximo possível do serviço de entrada da alimentação principal. Proteger de condições climáticas adversas afastadas de extremas temperaturas ambientes, imune de riscos de inundação e também atendendo as normas locais anti-incêndio (MOTORMAC 2013).

Quando houver número maior de grupos geradores como regra geral deve ter pelo menos um metro de distância livre em todos os lados para fácil acesso à manutenção e operação. O nível do piso elevada de aproximadamente 150mm ou maior. Necessita estudo de projeto estrutural de instalação sobre a laje considerando vibrações e a carga. O local dever ser de fácil acesso para o abastecimento de combustível e demais fluídos (líquido de arrefecimento e óleo lubrificante) (MOTORMAC 2013).

Todas as conexões dos componentes físicos do grupo gerador devem ser flexíveis para que com o movimento e vibração não ocasione danos, esses componentes são principalmente o sistema de escape do motor, dutos de ar para ventilação, cabos de força e comando e as linhas de combustível.

#### 2.10.2 Fundação e assentamento

A fundação deve ser apropriada para suportar o peso do grupo gerador, e ser resistente às cargas dinâmicas evitando os níveis resultantes de energia da vibração, evitando que seja transmitido à estrutura do edifício. O local deve ser nivelado e adequado e livre de qualquer material inflamável. Em algumas aplicações não há necessidade de fundação sólida, pois não à grande transmissão de vibração para a edificação, então o cuidado maior a ser tomado é o piso suportar o peso do grupo gerador. Usar na construção uma base de concreto reforçado com resistência que suporte à compressão (MOTORMAC 2013).

Quando necessário for montar um grupo gerador sobre uma fundação, pelo menos, o peso da fundação deve ser duas vezes o peso do grupo gerador, possibilitando resistência às cargas dinâmicas.

### 2.10.3 Graus de proteção

São definidos como graus de proteção os invólucros dos equipamentos elétricos, conforme definidos pela caracterização do local onde serão instalados e a acessibilidade devem oferecer um grau determinado de proteção. Por exemplo, um gerador que necessite ser instalado em um local onde possa estar sujeito a jatos de água, seu invólucro deve ser capaz de suportar esses jatos, sem que haja a penetração da água sob determinados valores de ângulo e pressão de incidência (WEG 2017).

Normalmente os geradores possuem um código de identificação, seguidos pelas normas IEC 60034-5 e ABNT – NBR 6146 que definem os graus de proteção dos geradores através das letras IP seguidas por dois algarismos que o caracterizam.

1º Algarismo, que indica o grau de proteção contra penetração de corpos sólidos estranhos no gerador:

0 – sem proteção.

1 – proteção contra penetração de corpos sólidos estranhos, dimensões acima de 50mm.

2 - proteção contra penetração de corpos sólidos estranhos, dimensões acima de 12mm.

4 - proteção contra penetração de corpos sólidos estranhos, dimensões acima de 1mm.

5 – Proteção contra acúmulo de poeiras prejudiciais.

2º Algarismo, que indica o grau de proteção contra penetração de água no interior do gerador:

0 – Sem proteção

1 – Proteção contra penetração de pingos de água na vertical.

2 – Pingos de água até 15° de inclinação com a vertical.

3 – Água da chuva até 60° de inclinação com a vertical.

- 4 – Respingos de todas as direções.
- 5 – Jatos de água de todas as direções.
- 6 – Água de vagalhões.
- 7 – Imersão temporária.
- 8 – Imersão permanente.

Quando é colocada a letra (W) entre as letras IP e os algarismos indicativos, indica que o gerador é protegido contra intempéries. Exemplo (IPW55).

Com o que diz a norma, o gerador é qualificado de acordo com seu grau de proteção, referindo-se a cada um dos algarismos, o que é definido por ensaios padronizados pelo fabricante. Os dois critérios de proteção, a combinação entre os dois algarismos, se resumem na Tabela 2:

**Tabela 2 - Grau de proteção**

Gerador	Classe de proteção	1º Algarismo		2º Algarismo
		Proteção contra contato	Proteção contra penetração de corpos sólidos estranhos	Proteção contra penetração de água
Aberto	IP00	Não tem	Não tem	Não tem
	IP02	Não tem	Não tem	Pingos de água inclinação de 15°
	IP11	Toque acidenta com a mão	Dimensões acima de 50mm	Pingos de água na vertical
	IP12			Pingos de água inclinação de 15°
	IP13			Água da chuva até 60°
	IP21	Toque com os dedos	Dimensões acima de 12mm	Pingos de água na vertical
	IP22			Pingos de água inclinação de 15°
	IP23			Água da chuva até 60°
	IP44	Toque com ferramentas	Corpos estranhos sólidos acima de 1mm	Respingos de todas as direções
Fechado	IP54	Proteção completa contra toque	Proteção contra acúmulo de poeiras nocivas	Respingos de todas as direções
	IP55			Jatos de água de todas as direções

Nos tipos mais usuais, considerando que o grau de proteção dos algarismos indicativos possam ser de várias maneiras combinados, apenas alguns tipos de proteção são usados em casos normais. Por exemplo, o IP21 e o IP23 para geradores abertos. Se tratando de aplicações mais rigorosas, os graus de proteção mais comuns são o IP54 para ambientes muito empoeirados e o IP55 para caso onde periodicamente os geradores são lavados, como por exemplo em fábricas de papel (WEG 2017).

#### Isoladores de vibração

O alternador e o motor do grupo gerador necessitam de isolamento da estrutura de montagem. Normalmente esses isoladores de vibração são feitos de neopreme (borracha) instalados entre a máquina e o motor e gerador na sua base. Geralmente a estrutura dos grupos geradores pode ser apoiada direto na fundação.

#### Limites de ruído

São seguidos por normas que estabelecem e definem os limites máximo de nível sonoro para os geradores. Definidos por níveis medidos em decibéis, transmitidos através do ar, na escala de ponderação A – db(A). Seguido conforme normas IEC 60034-9 e ABNT – NBR 7565 indicados na Tabela 3.

#### Vibrações

Também seguidas por normas que definem os limites máximos de vibração. São indicados os valores para amplitude e vibração admissíveis conforme as normas IEC 60034-14 e ABNT – NBR 7094. Para consideração de dois graus de carcaças diversas disponibilizadas por fabricantes como: normal e especial.

Grupo A – Se aplica em geradores sem requisitos especiais de vibração.

Grupo B – Se aplica em geradores com requisitos especiais de vibração. Montagem rígida não é considerada aceitável para gerador com carcaça menor que 132. Valores definidos pela Tabela 4.

Tabela 3 - Nível de potência sonora em db(A)

Graus de proteção	IP22/IP44	IP22/IP44	IP22/IP44	IP22/IP44	IP22/IP44
	IP23/IP55	IP23/IP55	IP23/IP55	IP23/IP55	IP23/IP55
Velocidade nominal (rpm)	n ≤ 960	960 < n ≤ 1320	1320 < n ≤ 1900	1900 < n ≤ 2360	2360 < n ≤ 3150
1 < P ≤ 1,1	73/73	76/76	77/78	79/81	81/84
1,1 < P ≤ 2,2	74/74	78/78	81/82	83/85	85/88
2,2 < P ≤ 5,5	77/78	81/82	85/86	/90	89/93
5,5 < P ≤ 11	81/82	85/85	88/90	90/93	93/97
11 < P ≤ 22	84/86	88/88	91/94	93/97	96/100
22 < P ≤ 37	87/90	91/91	94/98	96/	99/102

Fonte: WEG. Características e especificações de geradores. (2017)

Tabela 4 - Limites de vibração conforme IEC 60034-14

Grau de vibração	Montagem	Valores limites, velocidade e aceleração (ms)								
		Carcaças 56 a 132			Carcaças 132 a 280			Carcaças 280 acima		
		Desl (µm)	Veloc (mm/s)	Acel (mm/s <sup>2</sup> )	Desl (µm)	Veloc (mm/s)	Acel (mm/s <sup>2</sup> )	Desl (µm)	Veloc (mm/s)	Acel (mm/s <sup>2</sup> )
A	Suspensão livre	25	1.6	2.5	35	2.2	3.5	45	2.8	4.4
Normal	Rígida	21	1.3	2.0	29	1.8	2.8	37	2.3	3.6
B	Suspensão livre	11	0.7	1.1	18	1.1	1.7	29	1.8	2.8
Especial	Rígida	-	-	-	14	0.9	1.4	24	1.5	2.4

Fonte: WEG. Características e especificações de geradores. (2017)

#### 2.10.4 Sistema de combustível

Nas instalações de sistema de combustível, a limpeza é de maior importância. Prevenir entrada de umidade, contaminantes ou sujeiras para dentro do sistema de combustível, é necessário a limpeza de todos os componentes antes da instalação.

A tubulação do combustível deve ser construída em tubos de ferro preto fundido ou alumínio, e protegidas contra corrosão caso sejam enterrados. Não devem ser utilizados conexões e tanques de combustível galvanizados, porque o próprio combustível ataca a camada de galvanização, assim resulta em pequenos detritos que podem obstruir filtros de combustível e bombas. O cobre por sua vez também não é utilizado, pois são mais propensas a danos e menos resistentes que o ferro preto. Não utiliza-se depósitos de combustível e acessórios galvanizados ou de cobre, pois a condensação combina-se com o enxofre no combustível diesel produzindo ácido sulfúrico. A estrutura molecular dos depósitos ou linhas galvanizadas ou de cobre reage com o ácido e contamina o combustível (MOTORMAC 2013).

#### 2.10.5 Vazamento

Caso aconteça qualquer vazamento durante a troca de óleo ou abastecimento o grupo gerador deve ser completamente limpo antes da sua partida para evitar possíveis riscos de incêndio.

#### 2.10.6 Escapamento

Tem por função extrair os gases do motor para fora do abrigo e dispersar a fuligem e a fumaça, isolando o ruído. Seu sistema deve ser projetado minimizando o efeito de contrapressão no motor. Uma tubulação que possa restringir o escape de maneira excessiva causará o aumento do consumo de combustível, aumento de temperatura, produzindo fumaça excessiva e fuligem.

O escapamento deve ser instalado o mais alto possível, para fora situado a favor de ventos dominantes e direcionado para longe de ventilações e possíveis aberturas de edificações, evitando que os gases retornem ao espaço fechado. Se houver a necessidade de ser instalado em interiores, deve-se usar sempre que possíveis acessórios de tipo união selada, obtendo um sistema de escape estanque, se não forem montados corretamente pode permitir fuga de gases para dentro do edifício. Ele é um tubo muito quente que necessita de alguns cuidados para minimizar o risco de incêndio e também para que não ocorram acidentes com o operador ou na hora da manutenção se necessário. A tubulação e os silenciosos devem utilizar suportes ou

ganchos (não inflamáveis e isolados) para serem suspensos. O uso de estruturas de suporte equipadas com isoladores limita ainda mais a indução de vibrações na estrutura do edifício (MOTORMAC 2013).

São necessários alguns cuidados antes da partida do grupo gerador, ver se porventura ou descuido não tem vestígios de combustível ou materiais contaminantes que possam causar incêndio ou obstrução da saída do escapamento. A obstrução da saída do escapamento pode danificar o funcionamento do motor.

Devido a condensação da umidade contida nos gases do escapamento, a instalação do silencioso deve ser o mais próximo possível do motor para aquecer rapidamente reduzindo a corrosão. O silencioso quanto mais próximo do motor também melhora a sua capacidade de atenuação sonora. Os raios de curvatura das tubulações devem ser os maiores possíveis (MOTORMAC 2013).

A tubulação utilizada nunca deve ser inferior ao diâmetro de saída do escape, todo seu diâmetro deve ser suficiente para limitar a contrapressão ao valor máximo da classificação para o motor. Se utilizado uma tubulação com diâmetro maior que o necessário estará sujeito a acelerar a corrosão devido à condensação da umidade dos gases. Quando excessivamente largos reduzem a velocidade de escape dos gases e sua dispersão na atmosfera. A instalação da tubulação deve ter distância mínima de 230mm de estruturas inflamáveis, se houver a necessidade da passagem da tubulação por tetos ou paredes inflamáveis utilizar acabamento com chapa bipartida e material isolante entre a tubulação e teto ou parede (MOTORMAC 2013).

Deve ser evitado curvas ou cotovelos com raio longo de forma que reduza a contrapressão do escapamento. A tubulação deve ter suas saídas inclinadas para baixo, longe do motor para um coletor de condensação, evitando que a umidade retorne. Um bujão e coletor de condensação devem ser instalados em conjunto com os silenciosos (atenuadores de ruídos). Na manutenção de grupos geradores deve ser incluído uma drenagem periódica da condensação retida no escape. No sistema de tubulação do escape deve obter sistemas de recurso para evitar a entrada de água da chuva, proteções ou tampas nas saídas verticais (MOTORMAC 2013).

### 2.10.7 Ventilação e arrefecimento

A mais comum configuração dos grupos geradores arrefecidos a água, o seu radiador é montado sobre a base e um ventilador acionado pelo motor para resfriar o líquido de arrefecimento e ventilar a sala do gerador. A ventilação necessária da sala do ventilador é para remover o calor dissipado pelo motor, gerador e os outros equipamentos que geram calor. É necessário um projeto adequado para a ventilação, se não houver essa adequação a sala do grupo gerador poderá ter um aumento de temperatura, conseqüentemente pode ocasionar em redução de desempenho do grupo gerador, aumento do consumo de combustível, falhas prematuras dos componentes e superaquecimento do motor. Esse projeto deve ter adequação para garantir a ventilação com aberturas de entrada e saída de ar em paredes opostas. Deve conter um fluxo de ar suficiente para suprir o volume de ar necessária para combustão no motor, e ventilação necessária para o gerador e radiador. A saída e entrada de ventilação não deverão estar localizadas na mesma parede.

O ar utilizado para arrefecimento deve ser diretamente expelido para fora do recinto, a saída deve ser posicionada em um local a favor do vento para garantir que seja eliminado o ar aquecido pela saída de ventilação para longe dos equipamentos do grupo gerador. Não havendo essa possibilidade a instalação deve ser prevista com uma parede de contenção reduzindo o efeito dos ventos contrários ao fluxo de saída de ar.

A entrada de ventilação não deve estar localizada perto da saída do escape do motor, o ar utilizado deve ser sugado pelo exterior e descarregado no exterior. As estruturas dos dutos utilizados para descarga do radiador devem ser autossustentáveis. Quando tiver quantidade superior de grupos geradores o ar fresco deve fluir através de cada grupo. O projeto do sistema de ventilação deve ser para funcionar adequadamente em todas as portas de entrada de acesso quando estiverem fechadas, portas de acesso não devem ser consideradas como entrada de ar. Se houver a necessidade da instalação de uma porta de contenção, deve ser posicionada a uma distância de aproximadamente três vezes a altura da veneziana de descarga (saída de ar), nunca poderá ser menor em relação à altura da edificação (MOTORMAC 2013).

Os atenuadores de ruído, devem ser levados em consideração uma área livre para saída de ar igual ou superior à 125% da área do radiador montado no eixo. O radiador deve ser equipado com duto flexível prevenindo recirculação de ar do escape voltando ao radiador, absorvendo o movimento e a vibração do grupo gerador prevenindo a transmissão de ruído. O duto deve ser fixado utilizando parafusos com porcas para que em situações de manutenção possam ser removidos (MOTORMAC 2013).

#### 2.10.8 Ligações elétricas

Antes de quaisquer ligações elétricas, deve certificar-se de que a não há possibilidade de ativação do grupo gerador acidentalmente. Quando o grupo gerador está conectado em paralelo a mais grupos, ou fontes de alimentação, o controle do grupo poderá permanecer com tensão proveniente de uma fonte externa, é necessário o bloqueio e também a sinalização de qualquer fonte externa que possa fornecer alimentação ao grupo gerador. É necessário descarregar a eletricidade estática do corpo antes de contato com as baterias.

O cabeamento de força e cabeamento do sistema de controle devem ser fixadas e sustentadas pela estrutura do grupo gerador ou pelo painel de controle, os dispositivos para alívio de tensões mecânicas, junto com o uso de cabeamento flexível para o sistema de controle ao invés de um cabeamento rígido, ajudam a evitar falhas nos cabeamentos ou conexões, como resultado de vibrações.

#### 2.10.9 Sistemas auxiliares

É a alimentação elétrica para circuitos auxiliares dos grupos geradores, sistema de pré-aquecimento do líquido de arrefecimento do motor, retificadores, carregadores de baterias, etc. Para essa alimentação a fonte de energia pode ser proveniente nos sistemas auxiliares na saída de carga na chave de transferência em baixa tensão ou alimentador externo.

#### 2.10.10 Baterias de partida

Os grupos geradores necessitam de baterias para sua partida. Na maioria dos casos as tensões de partida são entre 12V e 24V, podendo ser de outras tensões dependendo do projeto do grupo gerador. Esta interligação é executada no motor de partida do motor diesel (WEG 2017).

#### 2.10.11 Aterramento

Dependendo o local de instalação deve prever o Sistema de proteção contra descargas atmosféricas (SPDA). Pode haver necessidade de hastes de aterramento para o sistema de aterramento. Deve-se cumprir os requisitos da norma de instalações elétricas.

#### 2.10.12 Vida útil dos geradores

Não levando em consideração as peças de desgaste em consequência do uso, a vida útil do gerador se dá pelo seu material isolante.

O que de mais comum afeta esses materiais isolantes são os fatores: vibrações, umidade, ambientes corrosivos, etc. Entre esses e outros fatores, sem dúvida, o mais importante é a temperatura de trabalho dos materiais isolantes utilizados. Um aumento de 8 a 10 graus na temperatura da isolação acima da sua temperatura limite reduz em 50% sua vida útil (WEG 2017).

#### 2.11 Características do ambiente

Existem dois principais fatores que influenciam na determinação da potência admissível dos geradores: a temperatura que refrigera o meio onde é instalado e a altitude onde é instalado. Na maioria dos casos, o ar ambiente não possui temperatura superior a 40°C, então não possui elementos prejudiciais e a altitude é de até 1000m acima do nível do mar. Considera-se até estes valores de temperatura ambiente e altitude condições normais de operação (WEG 2017).

### 2.11.1 Altitude

Quando um gerador opera acima de 1000m sem ter sido especificado e projetado para isso, ele terá aquecimento, que conseqüentemente diminuirá o seu poder de arrefecimento causado pela rarefação do ar. A troca de calor insuficiente entre o ar circundante e o gerador leva à redução de perdas, que também significa a redução de potência. O aquecimento dos geradores é proporcional às perdas, que aproximadamente variam numa razão quadrática com a potência (WEG 2017).

### 2.11.2 Temperatura ambiente

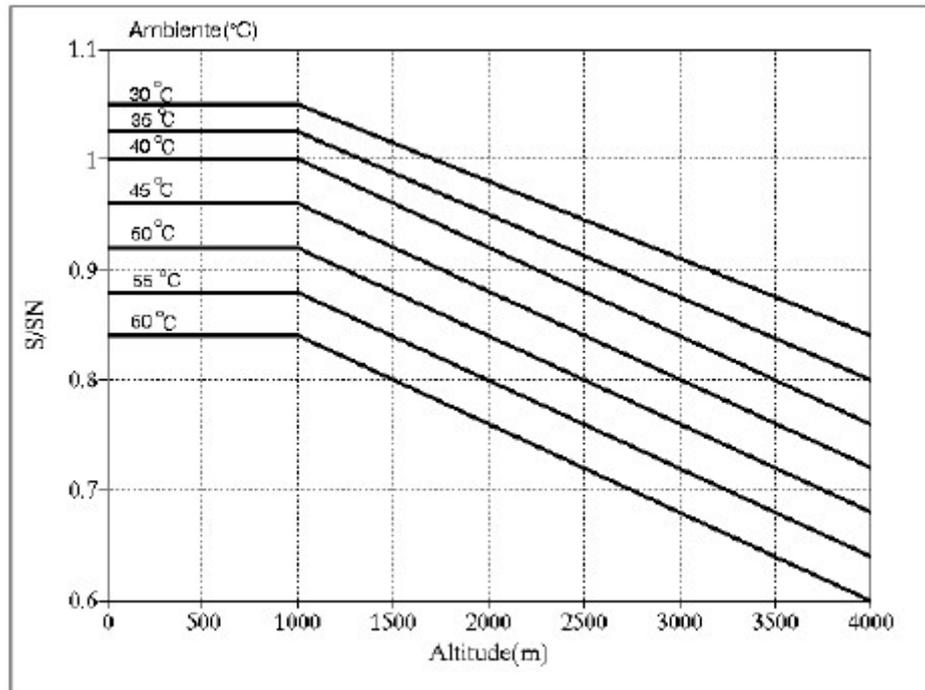
Os geradores que operam constantemente em temperaturas ambientes superiores a 40°C sem ter sido especificado e projetado a essa condição, pode atingir temperatura prejudicial a isolação do enrolamento, conseqüentemente diminuindo sua vida útil. O aquecimento do enrolamento diminui a potência útil fornecida pelo gerador, quando isso acontece, a potência acionante torna-se menor, ou seja, seu rendimento sempre será menor que 100%. Essa diferença entre as duas potências representa as perdas, de tal forma transformadas em calor que aquece o enrolamento que deve ser dissipado para fora do gerador, evitando que seja excessiva a elevação de temperatura. Para situações como essa, deve ser especialmente projetado, com o uso de materiais isolantes especiais ou redução da potência nominal do mesmo (WEG 2017).

Os geradores que trabalham em temperaturas ambientes inferiores a -20°C, não especificados e projetados para esta condição podem apresentar os seguintes problemas:

- Condensação excessiva, exigindo drenagem adicional ou a instalação de resistência de aquecimento, se o gerador fica parado longos períodos;
- Formação de gelo nos mancais, que pode provocar o endurecimento das graxas ou dos lubrificantes dos mancais (WEG 2017).

Associando os efeitos de variação da temperatura e da altitude à capacidade de dissipação, obtém-se a potência do gerador multiplicando a potência útil pelo fator de multiplicação encontrado nas curvas da Figura 20.

**Figura 20- Diagrama de potência em função do ambiente**



**Fonte: WEG. Características e especificações de geradores. (2017)**

### 2.11.3 Atmosfera ambiente

#### Ambientes agressivos

Ambientes agressivos como por exemplo, portos, estaleiros, indústrias de aplicações navais, indústria petroquímica e química, tem a exigência da adequação dos geradores para que suportem trabalhar na agressividade desses ambientes, levando em conta a elevada confiabilidade. Quando necessário esse tipo de aplicação de geradores, será necessário consultar a disponibilidade dos fabricantes.

Em casos de geradores para o uso naval, os mesmos devem apresentar características, formas construtivas, inspeções e ensaios conforme algumas normas classificadoras estabelecem, algumas citadas abaixo:

- Bureaus Veritas (BV)
- American Bureau of Shipping (ABS)
- Germanischer Lloyd
- Lloyds Register of shipping

- E outras, que determinam, entre outras características, temperaturas mínimas e sobrecargas mostradas na tabela 5.

**Tabela 5- De acordo com normas navais, temperaturas ambientes e sobrecargas**

Norma	Temperatura ambiente °C	Sobrecarga admissível sem aquecimento prejudicial	
		%	Tempo
VDE 0530	40	50	15 seg
Germanischer	45	50	2 min
IEC	50/40	50	15 seg
Lloyds Register	45	50 (com $\cos \varphi = 0,8$ )	15 seg
ABS	50	50	2 min
DNV	45	15% (com $\cos \varphi = 0,6$ )	2 min
BV	50	50	15 seg
RINA	50	50	15 seg
Seeregister de UdSSR	45	50	2 min

**Fonte: WEG. Características e especificações de geradores. Ver.2017**

### 3 ESTUDO DE CASO

O estudo de caso foi realizado na Agropecuária Schio, filial localizada em São Joaquim – SC, empresa de câmaras frias, produção e estocagem de maçãs. Uma empresa de aproximadamente 40.000m<sup>2</sup> que possui uma grande variedade de máquinas e equipamentos que chegam em torno de 700 motores e bombas, uma subestação abrigada própria com três transformadores de 1000KVA cada. Sua carga total instalada é em torno de 2600KVA. Nela estão instalados 3 GMG's de 456KVA operando em paralelo.

Os valores relativos ao custo liberados pela empresa apresentam que o investimento total de instalação dos 3 GMG's levando em consideração às necessidades prioritárias de funcionamento da empresa conforme a possível falta de energia elétrica teria retorno em no máximo dois anos e meio, a partir 2015 quando da construção da empresa. Desde então não tiveram nenhum problema com manutenção, foram efetuadas apenas as manutenções preventivas, troca de óleo e de filtros. Eles procuram utilizar um combustível de qualidade, e por opção deles e de maneira preventiva, evitam deixar o combustível chegar muito próximo do final ou no final dos tanques para evitar que possíveis sujeiras do fundo possam levantar e entrar nos motores. Esses GMG's possuem um tanque de combustível de 500 litros e um consumo aproximado de 150 litros de diesel por hora cada grupo. Quando os GMG's permanecem por mais de cinco dias sem serem acionados, eles fazem o acionamento por cerca de vinte minutos, com aproximadamente 30% de carga (essa medida é indicada pelos fabricantes do GMG), isso para verificação de estarem em total funcionamento e também por prevenção.

Esses GMG's são acionados com uma tensão CC de 24V corrente de 150ah, são duas baterias ligadas em série, que são as responsáveis pela tensão de acionamento dos grupos geradores.

São operados em modo automático, mas podendo também ser operados em modo manual. No modo automático ele entra em operação (funcionamento) dez segundos após a detecção de falta de energia elétrica da rede principal. Esse acionamento é controlado pelo QTA em conjunto com a USCA.

O responsável da manutenção da empresa relatou que a empresa é dividida por setores de trabalho e que conseqüentemente os dois principais setores são a pré-produção e a produção apresentados na figura 22. São os setores onde aglomeram um maior número de funcionários e que fazem o processamento de classificação e embalagem das maçãs para a venda e exportação. Então, conseqüentemente os GMG's foram dimensionados para a utilização nesses dois setores, onde somam uma carga de aproximadamente 1200KVA. Dos 3 GMG's dois suportariam em carga crítica a demanda somada dos dois setores e o terceiro é para segurança, caso um deles necessite de manutenção sempre ter-se-á dois operando.

Enquanto ele me mostrava o packing house falou sobre um espaço chamado de drive-in onde é deixado as maçãs embaladas prontas para a entrega ao comprador. No mesmo instante mencionou que passava por alguns problemas com o drive-in em relação às faltas de energia elétrica, em momentos que os GMG's entram em operação os drive-in ficam totalmente sem energia, pois não estão conectados aos GMG's. Por preservar as maçãs resfriadas não é o problema porque nesse momento as câmaras não são abertas mantendo por um bom tempo o resfriamento. O problema maior é o espaço onde vão se acumulando as maçãs recém embaladas ao lado da produção, em até 20-25 minutos dá para manter o ritmo normal, passando disso já precisa desacelerar os trabalhos na pré-produção Figura 21, e na produção Figura 23, e dependendo o tempo de falta de energia um dos setores pode parar.

**Figura 21 - Área de pré-produção e produção**



**Fonte: o autor (2019)**

Com a autorização da empresa foi verificado o que tinham de equipamentos, motores, o que tinha de carga instalada e o que seria de maior utilização. Então percebi que, é um drive-in com 8 colunas de 2 portas por coluna, cada uma delas possui uma quantidade 8 motores de 5cv cada, e 1 motor de 1,5cv em cada porta, iluminação e sensores de temperatura e abertura automática das portas que são de baixo consumo. Ou seja, com a soma desses equipamentos teria uma carga de no máximo 300KVA.

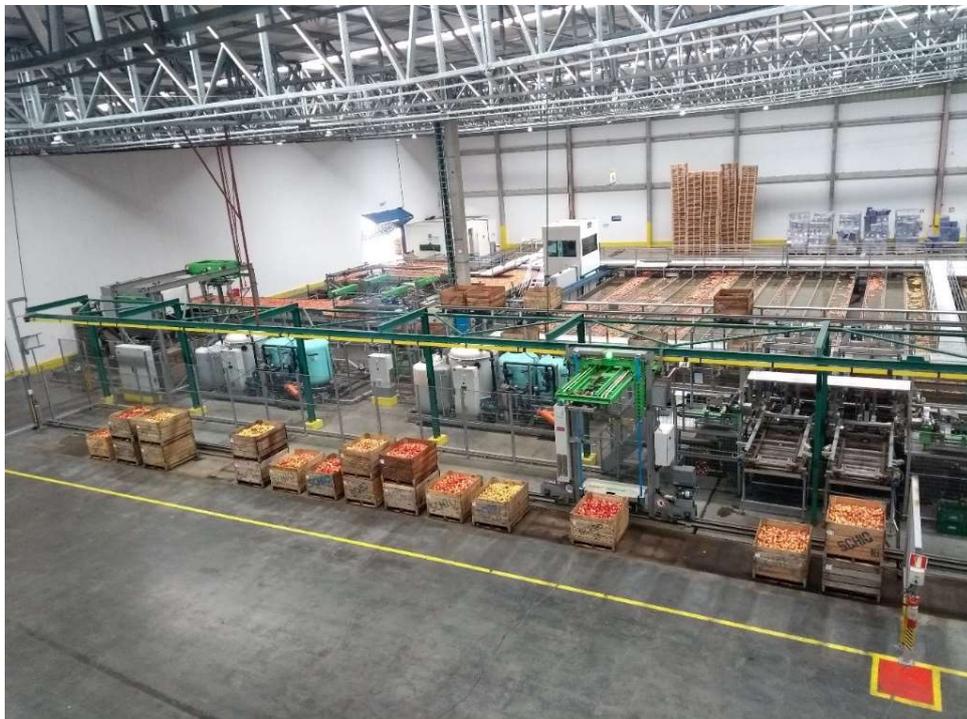
Após estudar e analisar a situação de carregamento, foi sugerido a ideia de inclusão do drive-in na carga dos geradores. Primeiro que, por não ser uma carga muito alta, em nenhum momento serão acionado todos esses equipamentos juntos, isso é quase impossível, e segundo que a maior necessidade de entrada dos GMG's foram em horários de ponta, acredito que isso por ser a empresa localizada no interior,

a energia chega com maior dificuldade e conseqüentemente tem-se a queda de tensão ou oscilação das fases, ou seja, nesse horário é menor ainda a chance de abertura das portas que dão acesso ao pátio externo (para o carregamento), isso porque a empresa tem uma política de que cargas e descargas apenas em horários comerciais.

E se caso vir a dar problema e um dos GMG's necessitar manutenção não será prejudicado em nada, uma vez que a instalação das cargas do drive-in será feita de maneira que se em algum momento precisar tirar um dos GMG's de operação o drive-in poderá ser desligado da carga sem problemas.

Contudo, conclui-se que o custo que terá para fazer a inclusão do drive-in nas cargas dos GMG's será bem baixo, resumindo-se apenas em projeto e materiais para conexão elétrica. A empresa possui eletricitistas capacitados que poderão fazer de forma correta e segura a instalação do *drive-in* aos GMG's.

**Figura 22- Pré produção**



**Fonte: o autor (2019)**

**Figura 23- Produção**

**Fonte: o autor (2019)**

### Características do grupo gerador

#### Motor

Cummins motor diesel série NT, modelo NTA855 6 cilindros em linha de 14 litros, com comando de válvulas, virabrequim e pistões redesenhados para operar com elevadas pressões de injeção. Turbinado e aftercoolado possui um sistema de arrefecimento de 45°C para temperatura ambiente.

#### Gerador

Selado, quatro polos, rolamento simples e sem escovas. Enrolamento interconectado. Indutor com revestimento em resina epóxi, excitador e rotor com resina de poliéster, resistente a ataques de ácido, de óleo, e químico protegidos para locais de climas tropicais. Baixa distorção em operação cargas não lineares e baixa reatância. Campo magnético rotativo, rotor conectado ao motor por acoplamento rígido. Aumento de temperatura padrão 40°C “standby” até 125°C em operação. Com

bobina auxiliar, sem escovas. Sistema de arrefecimento soprador de acionamento direto

#### Sistema de controle

Powercommand controle eletrônico, produto padrão do grupo gerador com controle remoto de partida e parada, regulagem de frequência e tensão precisa, com desligamento automático em situações de falhas no sistema, medição de tensão de saída e exibição de mensagens de alarme, monitoramento da bateria. Proteção de CA, em casos de sobrecorrente advertência e parada, oscilação de tensão e frequência, perda de sinal no excitador e sobrecarga no campo magnético.

#### Sistema de arrefecimento

Temperaturas ambientes de até 45°C no intervalo específico para equipamentos dentro da potência para o funcionamento confiável no conjunto padrão de arrefecimento.

#### Carenagens

Disponíveis para atenuação de ruídos e contra intempéries.

#### Tanque de combustível

Padrão de 500 litros para o modelo carenado.

#### Instalação do grupo gerador

O grupo gerador foi instalado nas suas condições corretas de cargas previstas para seu ideal funcionamento. Seguindo as instruções de um consultor engenheiro orientando-os respeitando regulamentos de incêndio e outros aplicáveis, cumprindo estatais para edificações e códigos locais. Quando instalados de modo irregular pode acarretar em graves acidentes pessoais e até mesmo ocasionar a morte e também

causar danos ao equipamento, levando o equipamento a problemas instantâneos e/ou diminuindo a sua vida útil acelerando problemas futuros.

Os grupos geradores estão apresentados nas Figuras 24 e 25.

**Figura 24- Grupo motogerador**



Fonte: o autor (2019)

**Figura 25- Grupos motogeradores**



Fonte: o autor (2019)

### 3.2 Comentários Finais

Este trabalho teve como objetivo passar ao operador um conhecimento básico sobre o funcionamento dos GMG's e também sobre o conhecimento para a preservação dos mesmos. Desde o seu princípio de funcionamento, local de instalação, temperaturas e ambientes de instalação, cuidados e especificações de alguns componentes e forma construtiva objetivando também que o operador possa de alguma forma poder auxiliar quando houver a necessidade de assistência ou manutenção dos GMG's.

No estudo de caso, os GMG's foram dimensionados para atender os principais setores de produção da empresa, porém quando acontece a falta de energia elétrica por tempo maior que 20 minutos já afeta o desenvolvimento da produção por limitar o espaço dos trabalhadores. Então, foi sugerido a inserção de um terceiro setor chamado de *drive-in* para que o espaço seja liberado não limitando e atrapalhando o espaço dos trabalhadores. Os GMG's trabalham nos limites de temperatura indicados pelo fabricante e também com sobra de carga em questão do paralelismo dos mesmos, então a terceira carga no caso do *drive-in* pode ser inserido porque é uma carga baixa e não necessita o acionamento constante e se encaixa nos GMG's. Os GMG's trabalham na temperatura indicada pelos fabricantes não sofrendo elevação de temperatura, então nesse caso não afeta o desempenho e não compromete os componentes de funcionamento, sendo assim não eleva a chance de danificar os GMG's podendo operar normalmente. O que pode acontecer a vir é um dos grupos necessitar manutenção, então por isso sugeri um sistema de acionamento individual para a terceira carga, para que se necessário possa ser retirada manualmente dos grupos não afetando o funcionamento da parte de produção da empresa.

## **4 CONCLUSÃO**

O presente trabalho abordou sobre uma das máquinas muito utilizadas nos dias de hoje, os geradores são de uso destinado em praticamente todas as áreas de trabalho que necessitam de utilização de energia elétrica constante ou que de alguma forma não possa ter o seu fornecimento interrompido.

Os GMG's estão presentes no dia a dia das pessoas, em variados locais para que de alguma forma não deixe que a energia elétrica seja interrompida. Operam de maneiras diferentes dependendo do tipo de carga e tempo necessário de fornecimento de energia elétrica, suprindo a falta de energia elétrica, auxiliando onde a energia elétrica não é confiável ou até mesmo para faltas planejadas.

Conclui-se com esse trabalho que com o conhecimento básico relacionado aos grupos motogeradores desde o seu funcionamento, características construtivas, acionamento, noções de aplicação e instalação, locais, características do ambiente, graus de proteção, arrefecimento e ventilação colaboram para a preservação dos grupos motogeradores para um maior tempo de vida útil, e para orientação adicional aos operadores, para que também possam dar subsídios mais consistentes quando necessário manutenção e/ou assistência técnica nos grupos motogeradores.

## 5 REFERÊNCIAS

WEG. **Características e especificações de geradores**. Ver.2017 disponível em: <https://www.weg.net/institucional/US/en/search/downloadcenter?q=WEG-curso-dt-5-caracteristicas-e-especificacoes-de-geradores-artigo-tecnico-portugues-br.pdf>

**Motores Síncronos**,(2016-NOVEMBRO),DISPONIVEL:  
<http://www.estgv.ipv.pt/PaginasPessoais/eduardop/MqE/Motores%20s%C3%ADncronos.pdf>

**Motores Síncronos WEG**,(2016-NOVEMBRO),DISPONIVEL:  
<http://ecatalog.weg.net/files/wegnet/WEG-motores-sincronos-artigo-tecnico-portugues-br.pdf>

**Introdução a Máquina Síncrona**,(2016-NOVEMBRO),DISPONIVEL:  
<http://www.cpdee.ufmg.br/~gbarbosa/Disciplina%20de%20M%E1quinas%20El%E9tricas/Disciplina%20de%20M%C3%A1quinas%20El%C3%A9tricas/apost02.pdf>

DEL TORO, Vincent. **Fundamentos de Máquinas Elétricas**. Basic Electric machines, copyright, 1990. by Prentice-hall, Inc. A Division of Simon & Schuster. Englewood Cliffs, New Jersey 07632

FERRAZ NETTO, Luiz. **Geradores de Energia Elétrica (Conceitos básicos)**. Disponível em: [http://www.feiradeciencias.com.br/sala13/13\\_t02.asp](http://www.feiradeciencias.com.br/sala13/13_t02.asp)

BRASÍLIO FILHO, Arnaldo. **Motores e Geradores**. Disponível em: <http://portaldoprofessor.mec.gov.br/fichaTecnicaAula.html?aula=795>

GALDINO, Jean Carlos da Silva. **Curso: Manutenção de ferrovia – Eletrotécnica II – 2011**. Disponível em: [http://www3.ifrn.edu.br/~jeangaldino/dokuwiki/lib/exe/fetch.php?media=apostila\\_grupo\\_motor\\_gerador1.pdf](http://www3.ifrn.edu.br/~jeangaldino/dokuwiki/lib/exe/fetch.php?media=apostila_grupo_motor_gerador1.pdf)

KARDEC, A; NASCIF, J. **Manutenção: Função Estratégica**. 3. Ed. Revisada e ampliada - Rio de Janeiro: Qualitymark: Petrobras, 2009.

MOTORMAC. **Grupos geradores a diesel. Manual de instalação**. Ver 1. 2013