

CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA ELÉTRICA



Universidade Federal  
de Campina Grande

AQUILES ALVES OLIVEIRA QUINTANS



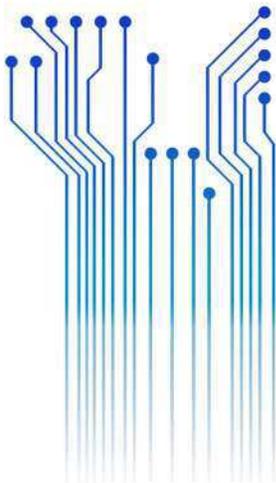
Centro de Engenharia  
Elétrica e Informática

RELATÓRIO DE ESTÁGIO

USINA TERMOELÉTRICA BORBOREMA ENERGÉTICA



Departamento de  
Engenharia Elétrica



Campina Grande  
2019

AQUILES ALVES OLIVEIRA QUINTANS

USINA TERMOELÉTRICA BORBOREMA ENERGÉTICA

*Relatório de Estágio Integrado submetido à  
Coordenação do Curso de Graduação em  
Engenharia Elétrica da Universidade Federal de  
Campina Grande como parte dos requisitos  
necessários para a obtenção do grau de  
Bacharel em Ciências no Domínio da  
Engenharia Elétrica.*

Área de Concentração: Sistemas de Potência

Orientador:

Professor Leimar de Oliveira.

Campina Grande  
2019

AQUILES ALVES OLIVEIRA QUINTANS

USINA TERMOELÉTRICA BORBOREMA ENERGÉTICA S.A.

*Relatório de Estágio Integrado submetido à  
Coordenação do Curso de Graduação em  
Engenharia Elétrica da Universidade Federal de  
Campina Grande como parte dos requisitos  
necessários para a obtenção do grau de  
Bacharel em Ciências no Domínio da  
Engenharia Elétrica.*

Área de Concentração: Sistemas de Potência

Aprovado em / /

---

**Professor Roberto Silva de Siqueira**  
Universidade Federal de Campina Grande  
Avaliador

---

**Professor Leimar de Oliveira**  
Universidade Federal de Campina Grande  
Orientador, UFCG

Dedico este trabalho ao meu irmão Jesus.

## AGRADECIMENTOS

Aos meus pais Flávio Quintans e Edilene Alves, pela educação exemplar que me deram, ao apoio incondicional e por fazerem todos os esforços possíveis para realização deste sonho. Ao meu grande irmão Jesus que está nos momentos de adversidade e na prosperidade.

Aos supervisores desse estágio, Natália Albuquerque, Joseana Fechine e Ricardo Schwneeweis. E, especialmente, ao meu orientador Leimar de Oliveira. Aos amigos Tchai Oliveira e Adail Paz.

Aos Pseudomitos, grupo de estudo do qual participei durante toda a graduação, realizando várias reuniões para discutir resoluções de questões, tirar dúvidas e conversar sobre os diversos assuntos da universidade, principalmente nas vésperas de avaliações. Mais uma vez à Luísa Mendonça e Robson Leandro !

Aos meus amigos de coração, aqueles irmãos que a vida me fez re-encontrar da aurora das eras.

Agradeço aos meus colegas do projeto GASIS 3, Álvaro, Gabriel, Marta, Ícaro, Bruno, Nicolas e ao ilustre seu Roberto. E aos funcionários que convivi todo esse tempo, André Bruce, Antônio Nilton, Emmanuel Sena, Rubens Espírito Santo, Patrícia Nepomuceno, Fábio de Medeiros, Leonam Dias, Alexandre Farias, Rafael Barbosa, José Roberto.

## RESUMO

Neste documento, estão relatadas as atividades realizadas pelo aluno Aquiles Alves Oliveira Quintans, graduando em engenharia elétrica, durante o período de estágio integrado, na usina termoelétrica Borborema Energética S. A., localizada em Campina Grande, no estado da Paraíba, Brasil. O estágio ocorreu durante o período de outubro de 2018 a janeiro de 2019, sob a supervisão do Eng. Ricardo Schwneeweis de Farias e sob a orientação do Prof. Leimar de Oliveira.

**Palavras-chave:** Borborema Energética S. A., Usina Termoelétrica, Campina Grande, Grupo Bolognesi, Estágio Integrado, Geração de Energia.

## ABSTRACT

In this document are registered the activities carried out by the student Aquiles Alves Oliveira Quintans, graduating in electrical engineering, during the period of integrated internship, at the thermoelectric power plant Borborema Energética S.A, located in Campina Grande, Paraíba state, Brazil. The service took place in October 2018 to January 2019, under the supervision of Eng. Ricardo Schwneeweis de Farias and under the guidance of Prof. Leimar de Oliveira.

**Keywords:** Borborema Energética S.A., Thermoelectric Power Plant Campina Grande, Bolognesi Group, Integrated internship in engineering, Electricity Generation.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Logomarca da Borborema Energética S. A. ....	13
Figura 2: Logomarca do grupo Bolognesi. ....	13
Figura 3: Vista Panorâmica da Borborema Energética S. A. ....	13
Figura 4: Logomarca da Wäertsilä. ....	14
Figura 5: Imagem descritiva da planta BESA. ....	16
Figura 6: Sala de controle da BESA. ....	17
Figura 7: Monitoramento de temperatura no grupo termogerador 15 pelo WOIS. ....	18
Figura 8: Vista externa da casa de máquinas. ....	19
Figura 9: Salão dos grupos termogeradores na casa de máquinas. ....	19
Figura 10: Setor de recebimento e armazenamento do OCB1 e diesel. ....	20
Figura 11: Dados de placa do <i>black start</i> . ....	21
Figura 12: Vista frontal do <i>black start</i> . ....	21
Figura 13: Caldeira de recuperação da BESA. ....	22
Figura 14: Vista superior dos radiadores. ....	23
Figura 15: Vista superior da subestação 230 kV. ....	24
Figura 16: Subestação 230 kV vista da sala de controle. ....	24
Figura 17: Janela de monitoramento da subestação 230 kV. ....	25
Figura 18: Rack de medidores de energia do sistema de monitoramento para faturamento da CCEE. ....	26
Figura 19: Fila de disjuntores da sala de média tensão. ....	26
Figura 20: Sala de baixa tensão (LV). ....	27
Figura 21: Transformadores de média tensão. ....	30
Figura 22: Bancada de um motogerador desmontada. ....	31
Figura 23: Simulação da resposta de <i>over speed</i> . ....	32
Figura 24: Vista superior de motogeradores após <i>overhaul</i> . ....	33
Figura 25: Operação de partida de motor após <i>overhaul</i> . ....	33
Figura 26: Gerador AVK MODELO DIG 167. ....	34
Figura 27: Gerador AVK desacoplado do grupo motor W20V32. ....	35
Figura 28: Visão explodida do estator do alternador síncrono AVK. ....	35
Figura 29: Dados de placa do gerador. ....	36
Figura 30: AVR UNITROL 1000. ....	37
Figura 31: a) Motor trifásico ....	26
Figura 31: b) Arranjo delta estrela e tabela de torques ....	26
Figura 32: Saca polia de três garras ....	27
Figura 33: Aquecedor indutivo. ....	27
Figura 34: Medição das resistências de isolamento do motor elétrico. ....	28
Figura 35: Técnico da m&i electric brazil realizando limpeza em para-raio do transformador de potência. ....	29
Figura 36: Disjuntor SF6 da subestação 230 kV. ....	30
Figura 37: Transformador de potencial capacitivo. ....	31
Figura 38: Transformador de corrente. ....	32
Figura 39: Serviço de manutenção em chaves seccionadoras. ....	33
Figura 40: Para-raios de óxido de zinco. ....	33

# LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Características do motor W20V32. ....	20
---	----

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
BESA	Borborema Energética S. A.
CCEE	Câmara de Comercialização de Energia Elétrica
CHESF	Companhia Hidrelétrica do São Francisco
CLP	Controlador Lógico Programável
DPS	Dispositivo de Proteção contra Surtos
EPC	Equipamento de Proteção Coletivo
EPI	Equipamento de Proteção Individual
GASIS	Gases Intelligence Sensing
HFO	<i>Heavy Fuel Oil</i> (Óleo Combustível Pesado)
HT	<i>High Temperature</i> (Alta Temperatura)
HV	<i>Heavy Voltage</i> (Alta Tensão)
KV	Quilo Volt
KVA	Quilo Volts Ampér
LFO	<i>Low Fuel Oil</i> (Óleo Combustível Leve)
LT	<i>Low Temperature</i> (Baixa Temperatura)
LV	<i>Low Voltage</i> (Baixa Tensão)
MV	<i>Medium Voltage</i> (Média Tensão)
MW	Mega Watt
NOx	Óxidos de Nitrogênio
ONS	Operador Nacional do Sistema
Rpm	Rotações por Minuto
SIN	Sistema Interligado Nacional
SOx	Óxidos de Enxofre
TC	Transformador de Corrente
TI	Transformador de Instrumentos
TP	Transformador de Potencial
UFMG	Universidade Federal de Campina Grande
UTE	Usina Termoelétrica

WISE	<i>Wärtsilä Information System Environment</i> (Ambiente do Sistema de Informação da Wärtsilä)
WOIS	<i>Wärtsilä Operator Interface System</i> (Sistema de Interface do Operador Wärtsilä)

# SUMÁRIO

1	Introdução .....	12
1.1	Objetivos do estágio .....	12
1.2	A Empresa .....	12
1.3	Estrutura do Trabalho .....	14
2	Setores da Borborema Energética S.A. ....	16
2.1.1	Sala de Controle .....	17
2.1.2	Casa de Máquinas.....	18
2.1.3	Recebimento de combustível.....	20
2.1.4	Tratamento de Combustível .....	20
2.1.5	Black start.....	21
2.1.6	Caldeiras.....	22
2.1.7	Radiadores .....	23
2.1.8	Subestação 230 kV .....	23
2.1.9	Sala de Média Tensão.....	25
2.1.10	Sala de Baixa Tensão .....	27
2.1.11	Oficina Mecânica .....	28
3	Atividades Realizadas .....	29
3.1	Atividades no Setor O&M da UTE.....	29
3.1.1	Acompanhamento da Inspeção nos Transformadores de Média Tensão .....	29
3.1.2	Acompanhamento do Planejamento e Execução do Overhaul .....	30
3.1.3	Colaboração na Elaboração do Plano de Manutenção dos Alternadores Síncronos AvK Modelo DIG 167 10 MW .....	33
3.1.4	Colaboração na Elaboração do Plano de Manutenção de Motor de Indução Siemens 90 kW da Bomba de Incêndio.....	37
3.1.5	Acompanhamento da Manutenção de Motores Trifásicos.....	38
3.1.6	Acompanhamento de Atividades de Inspeção e Manutenção na Subestação 230 kV .....	41
3.2	Atividades Realizadas no Projeto Gasis 3.....	47
4	Conclusão .....	48
5	Referências Bibliográficas .....	49

# 1 INTRODUÇÃO

Neste documento, são relatadas as atividades desenvolvidas ao longo do estágio integrado do estudante do curso de graduação em Engenharia Elétrica, da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), Aquiles Alves Oliveira Quintans, no período de 01 de outubro de 2018 a 25 de janeiro de 2019.

O estágio foi realizado na Borborema Energética S. A., usina termoeétrica Campina Grande, do grupo Bolognesi Energia, localizada na rua Gov. Flávio Ribeiro Coutinho, 2055 - Velame, Queimadas.

## 1.1 OBJETIVOS DO ESTÁGIO

Os principais objetivos do estágio integrado foram:

- Acompanhamento das atividades operacionais da planta;
- Acompanhamento das atividades de *Overhaul* dos motores;
- Participação nas atividades do projeto GASIS – Fase 3, realizadas pela equipe STI (responsável pelo desenvolvimento do Subsistema de Transmissão da Informação);
- Promoção de melhorias contínuas na empresa.

## 1.2 A EMPRESA

A Usina Termoeétrica Campina Grande (UTE), denominada Borborema Energética S. A. (BESA), foi inaugurada em 2011 (logomarca na Figura 1). A UTE faz parte do Grupo Bolognesi (logomarca na Figura 2), que atua em vários setores industriais, desde a construção civil a equipamentos cirúrgicos. A BESA possui uma capacidade instalada de 169 MW, atendendo a 36 distribuidoras em vários estados do país (BORBOREMA ENERGÉTICA, 2017).

Figura 1: Logomarca da Borborema Energética S. A..



Fonte: Borborema Energética (2017).

Figura 2: Logomarca do grupo Bolognesi.



Fonte: Bolognesi (2015).

A Borborema Energética S. A. (Figura 3) atua na modalidade disponibilidade, ou *stand by* e opera sob demanda do Operador Nacional do Sistema (ONS). O processo de geração de energia elétrica se dá pela combustão de Óleo Combustível tipo 1 (OCB1), com baixo teor de enxofre.

Figura 3: Vista Panorâmica da Borborema Energética S. A..



Fonte: LInCE (2017).

A energia gerada pela usina é entregue a subestação da Companhia Hidrelétrica do São Francisco (CHESF), que redistribui o fluxo de potência para as demais distribuidoras conectadas ao Sistema Interligado Nacional (SIN). A ordem de despacho, exclusiva do ONS, é dada pela análise de diversos parâmetros operacionais do SIN, como baixos níveis dos reservatórios déficit de fornecimento dos parques eólicos e manobras importantes da subestação CHESF. Essa ordem de despacho é dada pela necessidade de suporte de atendimento da demanda do SIN e é comunicada pelo ONS em Recife.

O grupo de geradores, ou termogeradores, utilizados na BESA, são de fabricação finlandesa da empresa *Wärtsilä* (Figura 4). A mais de um século no setor de propulsão marítima, *onshore* e *offshore*, a Wärtsilä, desenvolveu todo o projeto da planta, com algumas exceções, como a oficina mecânica e o setor administrativo.

A UTE é composta por 20 motores modelo W20V32, da Wärtsilä. Cada motor possui capacidade de 8,4 MW, o qual realiza a conversão eletromecânica, fornecendo energia a um nível de tensão de 13,8 kV em seus terminais, elevados para 230 kV na subestação da planta.

Figura 4: Logomarca da Wärtsilä.



Fonte: WÄRTSILÄ (2019).

A planta opera com HFO (*Heavy Fuel Oil*) como combustível principal e LFO (*Low Fuel Oil*) como combustível secundário dos termogeradores, para o funcionamento da caldeira auxiliar e do Blackstart. Os motores possuem um sistema de malha fechada de resfriamento de água por radiadores.

### 1.3 ESTRUTURA DO TRABALHO

Este documento está estruturado em 4 seções, descritas a seguir.

- Capítulo 1: Introdução do trabalho e objetivos do estágio integrado;

- Capítulo 2: Apresentação estrutural e logística da empresa onde foi realizado o estágio;
- Capítulo 3: Atividades realizadas;
- Capítulo 4: Conclusões sobre a experiência vivida.

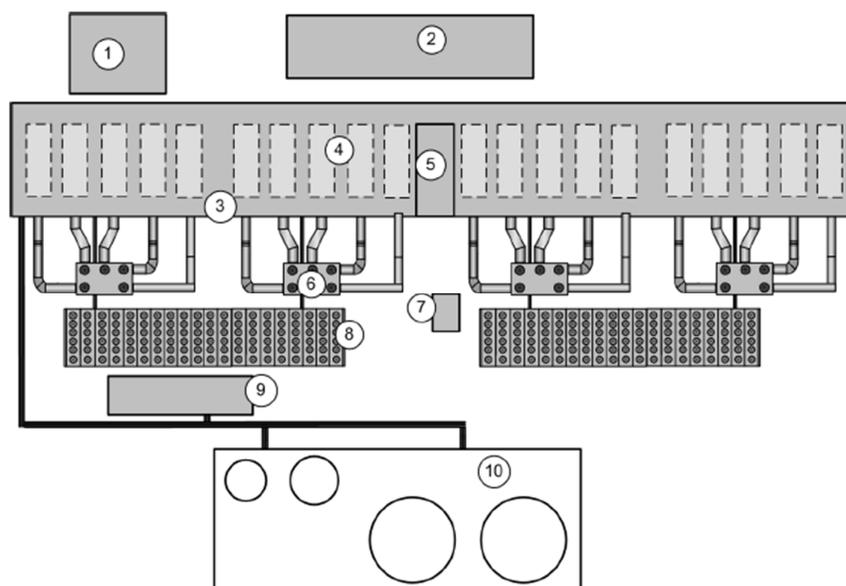
Por fim, são apresentadas as referências bibliográficas.

## 2 SETORES DA BORBOREMA ENERGÉTICA S.A.

A BESA é dividida em vários setores, nos quais são realizadas atividades de administração, manutenção, operação, planejamento, monitoramento e serviços gerais. Assim, os ambientes da usina são: guarita, balança, administração, workshop, refeitório, sala de controle, sala de máquinas, oficina mecânica, chaminés, radiadores, tratamento de combustível, blackstart, containers, tratamento de água, recebimento, baía de resíduos, etc.

Na Figura 5, é apresentada uma imagem descritiva da planta, cujos setores são listados a seguir.

Figura 5: Imagem descritiva da planta BESA.



Fonte: Manual de operação da planta (WÄRTSILÄ, 2009).

Componentes da planta:

1. Workshop (almoxarifados, laboratório químico, gerência, sala de reuniões O&M);
2. Sala de controle;
3. Casa de máquinas;
4. Grupo termogerador;

5. Sala de LV (baixa tensão);
6. Chaminés de escape dos gases de exaustão com silenciador;
7. Blackstart;
8. Radiadores;
9. Setor de tratamento de combustível;
10. Área dos tanques.

### 2.1.1 SALA DE CONTROLE

A sala de controle reúne os equipamentos e instalações necessários à operação e monitoramento das partes vitais da planta (Figura 6). Nesse ambiente, ocorre todo o acompanhamento dos motores e processos no grupo de termogeradores, lubrificação dos motores, linha de aquecimento do combustível, de resfriamento do óleo lubrificante, dos níveis de tanques, das ações das caldeiras, etc. A sala de controle é o local onde ocorre a comunicação com o ONS, enviando a Programação Diária de Produção (PDP).

Figura 6: Sala de controle da BESA.



Fonte: Próprio autor.

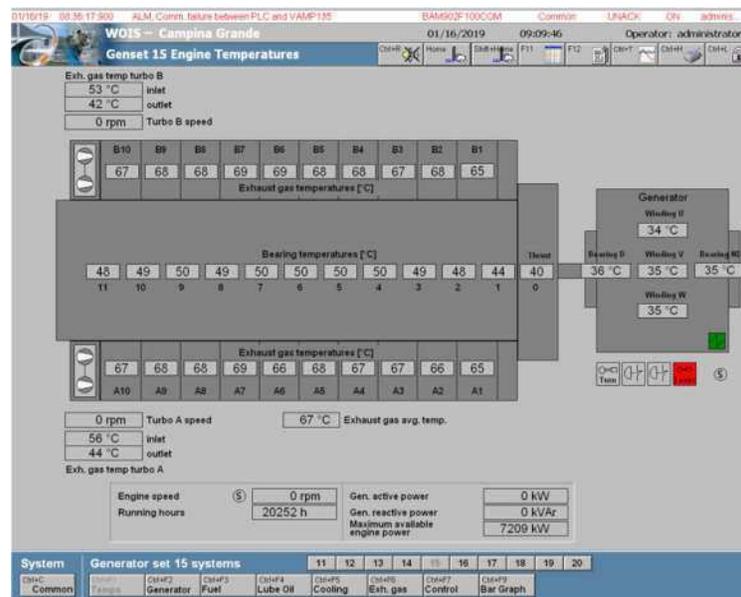
O terminal de controle da planta se comunica por uma rede de sensores e atuadores distribuídos em cada parte da planta, como nos motores. Os sensores, conectados em pontos definidos do grupo gerador (motor e alternador) e dos sistemas auxiliares, enviam os dados de leitura (temperatura, pressão, velocidade, potência, fator de potência, tensão) por protocolo do tipo ModBus para CLP (Controlador Lógico Programável), dispostos nos painéis terminais

do grupo gerador. Deste ponto, as informações seguem para uma camada superior na rede, em centrais CLP para cada motor na sala de controle.

Os atuadores, também controlados pela rede de CLP, executam remotamente a partida de motores, abertura e fechamento de válvulas de injeção de combustível, abertura e fechamento de disjuntores, ação de sincronismo.

A interface utilizada para o monitoramento e gerenciamento dessas atividades é o *software Wärtsilä Operator Interface System (WOIS)*, ilustrada na Figura 7.

Figura 7: Monitoramento de temperatura no grupo termogerador 15 pelo WOIS.



Fonte: WOIS, Borborema Energética (2019).

### 2.1.2 CASA DE MÁQUINAS

Na casa de máquinas estão instalados 20 grupos geradores (motogerador, alternador, separadoras, inversoras de frequência, bombas, motores de indução, pulmões de ar, entre outros componentes), cilindros de ar comprimido para partida dos motores e a sala de baixa tensão. Os 20 motogeradores da *Wärtsilä*, modelo 20V32, possuem 20 cilindros de 32 cm, são de combustão interna, partem a ar comprimido, e totalizam uma potência instalada de 169,08 MW. A casa de máquinas é dividida em duas partes, A e B, com 10 motogeradores em cada parte.

As paredes desta casa são construídas com material antichamas e redutoras de ruído, proporcionando um ambiente confinado ideal para operação dos motores e maior segurança para planta na ocorrência de acidentes (Figura 8 e Figura 9).

Figura 8: Vista externa da casa de máquinas.



Fonte: Próprio autor.

Figura 9: Salão dos grupos termogeradores na casa de máquinas.



Fonte: Próprio autor.

Na Tabela 1 são apresentadas características técnicas do motor W20V32.

Tabela 1: Características do motor W20V32.

<b>Número de cilindros</b>	20, em V
<b>Diâmetro x Curso (mm)</b>	320x400
<b>Velocidade nominal de Operação</b>	720±15%
<b>Frequência de geração a 720 rpm (Hz)</b>	60
<b>Faixa de ajuste de tensão (%)</b>	±5
<b>Potência Elétrica Nominal do grupo motogerador (kW)</b>	8.730
<b>Dimensões (m) - Comprimento x Largura x Altura</b>	13 x 3,3 x 4,3
<b>Peso da unidade motogeradora (kg)</b>	140.000
<b>Combustível utilizado</b>	OCB1
<b>Densidade do combustível (kg/m<sup>3</sup>)</b>	Aproximadamente 1.010
<b>Consumo (kg/hora)</b>	1830

Fonte: WÄRTSILA (2012).

### 2.1.3 RECEBIMENTO DE COMBUSTÍVEL

Os caminhões com combustível são, inicialmente, pesados na balança, que se localiza na entrada da usina, logo após a guarita. O setor de recebimento conta com quatro baias, onde motores esvaziam os caminhões, com a ajuda de canais de vapor que esquentam o óleo OCB1 (óleo combustível com baixo teor de enxofre). O combustível é armazenado em tanques (Figura 10). Após o carregamento, o caminhão segue novamente para balança, para que se calcule o peso líquido do combustível recebido.

Figura 10: Setor de recebimento e armazenamento do OCB1 e diesel.



Fonte: Próprio autor.

### 2.1.4 TRATAMENTO DE COMBUSTÍVEL

Após o descarregamento do OCB1, o combustível segue para o setor de tratamento de combustível, onde máquinas centrífugas retiram as impurezas do OCB1. Filtrado, o OCB1 é armazenado em um tanque diário e enviado para a praça de máquinas para ser utilizado nos motores. O rejeito da sala de tratamento de combustível é chamado de borra, que é constantemente coletada por empresas especializadas em resíduos líquidos oleosos.

### 2.1.5 BLACK START

A unidade *black start* permite a partida da usina, quando nenhum termogerador está em operação, e a rede elétrica da usina está desenergizada. O *black start* é um pequeno grupo gerador, localizado na área externa da sala de máquinas, usado para prover potência elétrica para as necessidades auxiliares na partida de um motor principal.

O *black start* inclui um motor a diesel e um gerador. O motor a quatro tempos é equipado com um turbocompressor e um intercooler (Figuras 11 e 12).

Figura 11: Dados de placa do *black start*.



Fonte: Próprio autor.

Figura 12: Vista frontal do *black start*.



Fonte: Próprio autor.

## 2.1.6 CALDEIRAS

### 2.1.6.1 CALDEIRAS DE RECUPERAÇÃO

A BESA conta com cinco caldeiras de cogeração de ciclo combinado, também chamadas de caldeiras de recuperação, que utilizam os gases de exaustão para gerar calor, e introduzir vapor no circuito de aquecimento do óleo combustível (Figura 13). O óleo combustível, encanado, necessita de uma temperatura ideal para escoamento, pois o óleo “frio” apresenta maior resistência nas tubulações, impedindo o abastecimento dos termogeradores.

Figura 13: Caldeira de recuperação da BESA.



Fonte: Próprio autor.

### 2.1.6.2 CALDEIRA AUXILIAR

Mesmo quando a usina não está operando, ou seja, não está gerando e aguarda ordem de produção do ONS, o sistema de abastecimento dos motores e do recebimento de óleo, devem estar disponíveis, o que significa que o circuito de vapor de toda a planta, que permite a temperatura ideal do combustível nas tubulações, deve estar operando. Por esta razão, uma caldeira auxiliar flamatubular, trabalha ininterruptamente, com um queimador a diesel, para manter o *status* de disponibilidade da planta.

### 2.1.7 RADIADORES

Os radiadores são fundamentais no sistema de resfriamento de água da planta (Figura 14). Esse sistema pode ser dividido em um canal LT (baixa temperatura) que remove o calor do ar de carga e do óleo lubrificante, e um canal HT (alta temperatura) que resfria partes do motor.

Figura 14: Vista superior dos radiadores.



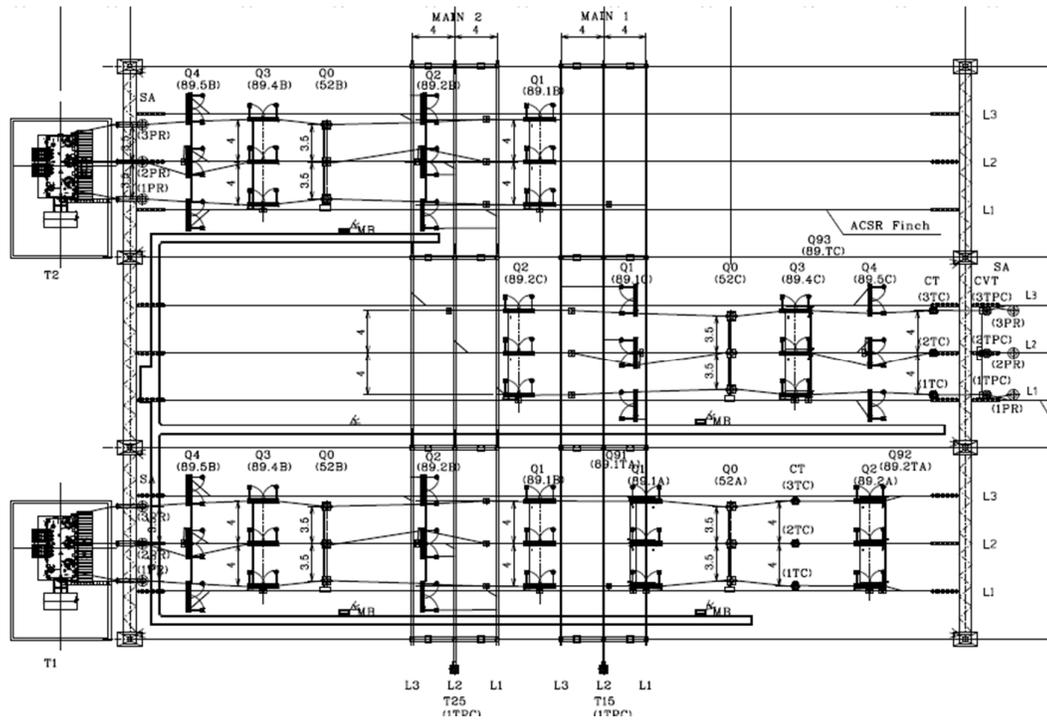
Fonte: Próprio autor.

### 2.1.8 SUBESTAÇÃO 230 KV

Os alternadores AvK fornecem em seus terminais de saída um nível de tensão de 13,8 kV. Essa tensão é enviada, após os circuitos de proteção, para a subestação, onde dois transformadores elevam essa tensão para 230 kV. Essa tensão é entregue para a linha de transmissão, que interliga a subestação da CHESF com a BESA. A subestação possui um barramento de transferência, que permite a realização de manobras para manutenções corretivas e preventivas.

A partir da Figura 15, pode-se observar a disposição de todos os equipamentos elétricos da subestação elevadora: Transformadores de instrumentação (TP e TC), chaves seccionadoras, disjuntores SF6, transformadores de potência, isoladores, barramentos, linhas, para-raios e postes isoladores (Figura 16).

Figura 15: Vista superior da subestação 230 kV.



Fonte: relação de desenhos mecânicos da planta BESA.

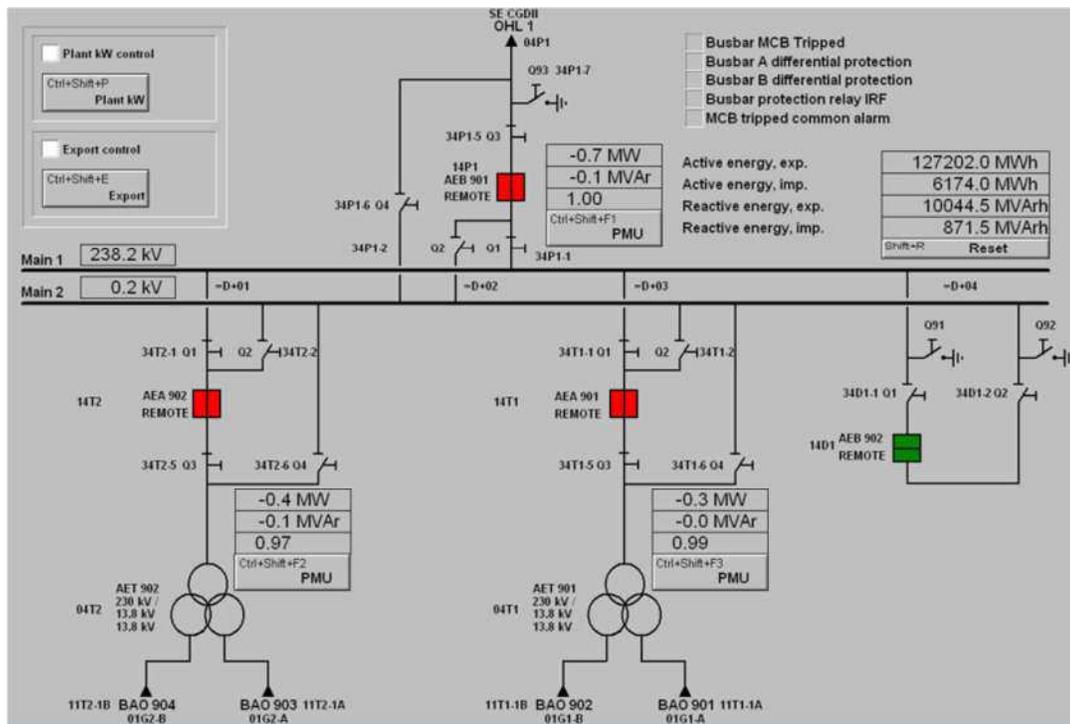
Figura 16: Subestação 230 kV vista da sala de controle.



Fonte: Próprio autor.

Podem ser realizadas manobras na subestação a partir de um painel manual na sala de controle ou até mesmo pelos relés que conectam os equipamentos. Assim como todo setor essencial da usina, o fluxo de energia elétrica que entra e sai da subestação é monitorado pelo operador, a partir do WOIS, como ilustrado na Figura 17.

Figura 17: Janela de monitoramento da subestação 230 kV.



Fonte: WOIS, Borborema Energética (2019).

### 2.1.9 SALA DE MÉDIA TENSÃO

As salas de MV (média tensão) estão localizadas no edifício da sala de controle. São duas salas, uma para cada dez grupos geradores que dividem a casa de máquinas, os motores do lado A (de 1 ao 10) e os motores do lado B (de 11 ao 20).

Nas salas de MV, estão os disjuntores de média, os medidores do sistema de monitoramento da Câmara de Comercialização de Energia Elétrica (CCEE) e quadros que levam energia a um nível de tensão adequando para os comandos de equipamentos da subestação, como chaves seccionadoras (Figuras 18 e 19). Os disjuntores são abrigados em quadros com sistema de segurança, e podem ser abertos e fechados manualmente, por um procedimento de segurança estabelecido e um equipamento de proteção antichamas e visor.

Figura 18: Rack de medidores de energia do sistema de monitoramento para faturamento da CCEE.



Fonte: Próprio autor.

Figura 19: Fila de disjuntores da sala de média tensão.



Fonte: Próprio autor.

### 2.1.10 SALA DE BAIXA TENSÃO

Para cada cinco grupos de termogeradores, há um barramento de média tensão de 13,8 kV, que os conecta com um lado de um transformador elevador da subestação e com um transformador abaixador, de 2500 kVA. O transformador abaixador converte 13,8 kV em 480 V. O transformador é conectado em delta do lado de média tensão, e em estrela do lado de baixa e são dispostos em cabines com grades de segurança localizadas no lado externo por trás da casa de máquinas.

Para os vinte geradores da casa de máquinas, existem, então, quatro barramentos de 13,8 kV, logo, quatro transformadores abaixadores conectados aos barramentos. O nível de tensão de 480 V é o nível nominal de quase todas as operações da planta, como motores e acionamentos elétricos. Além da tensão de 480 V, outros comandos são acionados com diferentes níveis de tensão à corrente contínua.

Na sala de baixa tensão se encontram os quadros, racks, inversores de frequência (alguns motores trabalham a uma frequência de 50 Hz), conversores e dispositivos de proteção que fornecem energia à baixa tensão dos vários setores da planta. Assim como na sala de média tensão, a sala de baixa tensão é mantida a uma baixa temperatura, para garantia do fornecimento de potência para os demais circuitos. Os disjuntores que protegem os transformadores de média tensão, também ficam armazenados na sala de LV (Figura 20).

Figura 20: Sala de baixa tensão (LV).



Fonte: Próprio autor.

### 2.1.11 OFICINA MECÂNICA

A oficina mecânica da BESA, é o ambiente onde é realizada manutenção da maioria das peças e equipamentos mecânicos e elétricos da usina, como a manutenção de peças da atividade de *overhaul* dos motogeradores (mancais, bielas, cabeçotes, camisas, etc.).

O setor conta com máquinas específicas para atividades de manutenção, além de bancadas para usinagem, torneamento, solda mecânica e elétrica, brunimento, lavagem, alinhamento de turbinas, pintura, etc.

## 3 ATIVIDADES REALIZADAS

A carga horária semanal do estágio foi estabelecida de tal forma que as atividades se dividiram em sete turnos, no setor de operação e manutenção (O&M) da usina, e três turnos voltados ao auxílio das atividades do projeto GASIS 3.

No primeiro dia de estágio realizou-se a integração do estagiário na usina, com repasse de conhecimento sobre rotina da planta, dos setores, da operação e, principalmente, das medidas de segurança rigorosamente adotadas em todo ambiente da usina e seus funcionários: alarmes, sinalizações, ambientes de trabalho perigoso, rotas de fuga, EPC (Equipamentos de Proteção Coletiva) e EPI (Equipamentos de Proteção Individual). Foram fornecidos ao estagiário macacão antichamas, capacete, óculos de proteção, luvas de algodão pigmentadas, botas de segurança sem cadarço, protetores concha e auricular.

### 3.1 ATIVIDADES NO SETOR O&M DA UTE

#### 3.1.1 ACOMPANHAMENTO DA INSPEÇÃO NOS TRANSFORMADORES DE MÉDIA TENSÃO

Assim como todas as atividades que envolvem risco, os técnicos designados para a atividade de inspeção e limpeza dos transformadores de média tensão registraram o programa de atividades e a relação de risco em um documento para procedimento de trabalho com segurança, sendo autorizado e monitorado pelo operador supervisor presente na sala de controle. Os transformadores eram a óleo e pesavam mais de 5 toneladas, de 2500 kVA, ONAN e cinco *taps* (Figura 21). Na terceira posição, o transformador operava com 13,8 kV no primário e 480 V no secundário.

Também foi comunicado à sala de controle o desligamento dos transformadores no início da atividade. Com um detector magnético de alta tensão, instalado a uma vara, permitiu-se a equipe técnica a garantia de ambiente seguro para realização da atividade.

A inspeção e limpeza de cada parte do transformador foi realizada com o uso de escadas, vassouras e panos. Todos os parafusos foram reapertados, assim como revisada a tensão e a firmeza dos cabos elétricos. Também foi verificada a existência de pontos de vazamento.



Fonte: Próprio autor.

### 3.1.2 ACOMPANHAMENTO DO PLANEJAMENTO E EXECUÇÃO DO OVERHAUL

O *overhaul* consiste em uma manutenção geral realizada nos motores, de acordo com o plano de manutenção especificado pelo fabricante. As revisões são baseadas no tempo acumulado de operação dos motores (quantidades de horas operadas - horímetro) (FECHINE, 2018).

Atualmente, a BESA realiza atividades de *overhaul* correspondente a 16 mil horas em todos os motores alternadamente, permitindo um nível de fornecimento de energia aceitável, e de acordo com a estrutura física e técnica da usina, sem que haja uma sobrecarga de atividades demandadas na manutenção.

Inicialmente, foi atribuído ao estagiário suporte ao planejador de manutenção da planta, no tocante à organização das folhas de serviço diárias das atividades do *overhaul* e ao arranjo dos períodos total e individual de cada atividade na plataforma administrativa do Microsoft Project.

Em suma, as atividades que compunham o *overhaul* de cada grupo termogerador consistiram em:

- Inspeção e manobras operacionais;

- Desmontagem do motor;
- Serviços de oficina;
- Mecânica do motor;
- Elétrica/automação;
- Montagem
- Testes e entrega.

Na Figura 22 são apresentadas peças embaladas após a manutenção, aguardando instalação e bancada desmontada de um motogerador em *overhaul*.

Figura 22: Bancada de um motogerador desmontada.



Fonte: Próprio autor.

Durante o serviço de *overhaul* de alguns motores, o estagiário pôde acompanhar a remoção, manutenção e instalação de alguns sensores da rede de instrumentação, abrigados em vários pontos da estrutura do grupo termogerador: manômetros, sensor de temperatura (PT100), sensor de velocidade (do tipo magnético de pulso). Todos os sensores como o de velocidade e temperatura, por exemplo, são conectados nessa rede de instrumentação de uma CLP individual para cada grupo termogerador, por um protocolo ModBus de comunicação, que conduz os dados para uma segunda CLP na sala de controle. As informações transmitidas pelos sensores são acessadas por um sistema de supervisão e aquisição de dados (SCADA), o WOIS.

Além do serviço de teste e instalação de sensores, o estagiário acompanhou o teste da resposta de interrupção do motogerador (*shut down*), quando seu eixo atinge uma velocidade maior que o limite máximo, 828 rpm (15% acima da velocidade nominal de 720 rpm), com o uso de um instrumento de simulação ou calibração, o *Presys*.

A simulação se resume em gerar uma onda quadrada proporcional aos pulsos elétricos, que o sensor magnético capta por indução, a cada passagem dos dentes da engrenagem acoplada ao eixo chamada de volante. O sinal era gerado pelo instrumento de calibração *Presys* diretamente nos terminais de entrada do sensor, no caixa terminal de controle do motor.

O sensor de velocidade utilizado é um sensor de pulso indutivo com amplificador FGL 01406, possui uma onda quadrada na saída, ideal para uso em motores à combustão em ambientes com vibração elevada (Figura 23).

Figura 23: Simulação da resposta de *over speed*.



Fonte: Próprio autor.

Ao longo do estágio, o aluno pôde acompanhar também a operação de teste de um grupo gerador, realizado no final da execução de todas as atividades planejadas do *overhaul*, ou seja, da partida e registro de desempenho do grupo gerador por alguns minutos (Figura 24). Uma operação cautelosa, da qual praticamente toda equipe técnica presente na usina participou.

Por regra, o operador supervisor do turno, mais um auxiliar, realizam dentro da sala de controle, a manobra e o monitoramento de todos os procedimentos de partida, e registro de

atividades após estabilidade na geração do motor, se comunicando e ordenando gradualmente cada atividade, solicitando *feed back* por rádio dos técnicos operadores na casa de máquinas, procedimento que foi adotado (Figura 25).

Figura 24: Vista superior de motogeradores após *overhaul*.



Fonte: Próprio autor.

Figura 25: Operação de partida de motor após *overhaul*.



Fonte: Próprio autor.

### 3.1.3 COLABORAÇÃO NA ELABORAÇÃO DO PLANO DE MANUTENÇÃO DOS ALTERNADORES SÍNCRONOS AVK MODELO DIG 167 10 MW

Foi solicitado, pelo planejador de manutenção da planta, um cronograma completo e sintético da manutenção dos alternadores do grupo gerador, que serviria de base para a atualização da manutenção preventiva nos geradores por tempo de comissionamento e por tempo de trabalho.

Então, foi elaborado pelo estagiário um cronograma de manutenção baseado em manuais do fabricante e empresas que prestam serviço de comissionamento e manutenção de geradores (Figura 26). Manuais e *checklists* foram traduzidos e sintetizados.

Figura 26: Gerador AVK MODELO DIG 167.



Fonte: Próprio autor.

As inspeções foram realizadas de acordo com recomendações do fabricante a cada período determinado. Algumas inspeções, como para nível de óleo, escovas de terra, do aquecedor anti-condensação, anel de lubrificação e resistência de isolamento, devem ser impreterivelmente realizadas, independente do horímetro de geração (Figura 27).

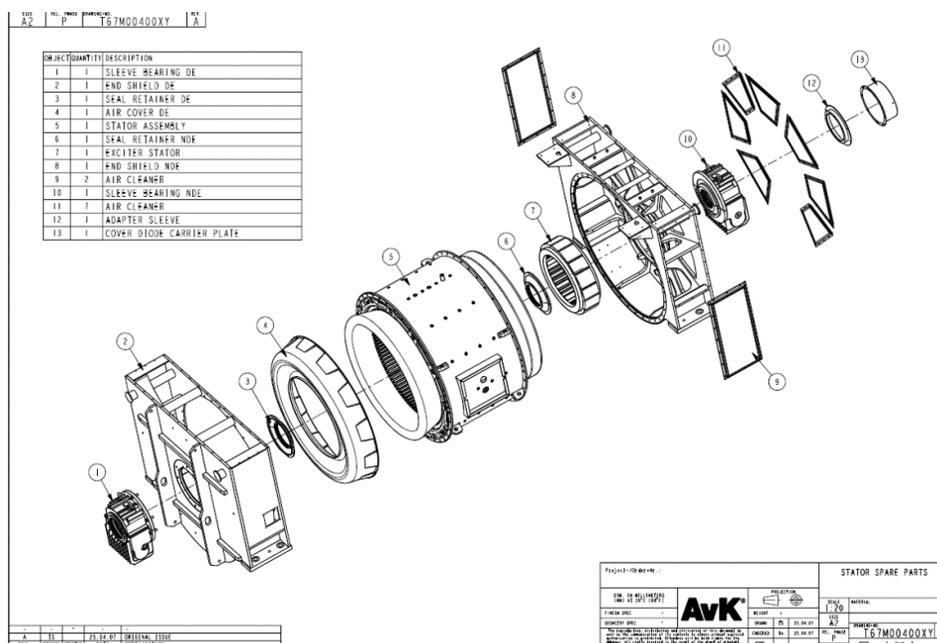
Figura 27: Gerador AVK desacoplado do grupo motor W20V32.



Fonte: Antônio Barbosa (2017).

Outras inspeções mecânicas e elétricas foram realizadas em todas as partes do gerador como os mancais de deslizamento, rotor, estator, máquina excitatriz, retificador, espiras, ligações elétricas, o regulador de tensão AVR (automatic voltage regulator), em períodos de tempo de 6, 25, 50 mil horas de geração (Figura 28). O *overhaul* do gerador é programado para 100 mil horas de geração.

Figura 28: Visão explodida do estator do alternador síncrono AVK.



Fonte: Biblioteca virtual da usina, desenhos técnicos do gerador.

### 3.1.3.1 COLABORAÇÃO NA ANÁLISE DAS CARACTERÍSTICAS ELÉTRICAS DO GERADOR

Os geradores utilizados na conversão eletromecânica da usina são do fabricante AvK, modelo DIG 167 g/10. São acoplados no eixo dos motores *Wärtsilä* 20V32 fornecendo 13,8 kV de corrente trifásica alternada em seus terminais. Esse modelo possui uma disponibilidade de potência nominal de até 10913 kVA, cobrindo o alcance de geração da máquina primária. Informações do equipamento constam na Figura 29.

Figura 29: Dados de placa do gerador.

Gerador Síncrono		Normen / Standards:					
Máquina No.	8529751 1101	Velocidade Nom.	720 rpm	Peso	29.1 t	Aquecedor de anti-condensação	
Ano de Fab.	2009	Overspeed	900 rpm	Altitude	<1000 m	Carga Nom 1500 W	
Tipo	DIG 167 g/10	Direção da rot.	CCW facing DE	Grau de Proteção	IP 23	Tensão Nom 480V: 3 - fases	
Pot. Nominal	10913 kVA: BR	Seq. de fases	W V U	Tipo de Refrigeração	IC 01	Corrente Nom 3,6 A	
Tensão Nom.	13800 V: AC	Ins. / Util Classe	F/F	Nur für Wälzlager / only for antifriction bearings		Bemerkungen / Remarks	
Corrente Nom.	457 A	Limite de Temperatura	145 °C	Fettmenge AS	Grease quantity DE		
f.p.	0.80	Tensão Nominal de Excitação	52 V	Fettmenge BS	Grease quantity NDE		
Freq.	60 Hz	Corrente Nominal de Excitação	4,7 A	Fettsorte	Grease type		
No. de fases	3	Temp. da entrada de ar	50 °C	Nachschmierintervall	Relubrication Interval		
Conec. Estator	Y	Max. Temp. Ambiente	50 °C	Nur bei Wärmetauschern: Eintrittstemperatur des Sekundärkühlmittels For Heat Exchangers only: Secondary Coolant Inlet Temperature			
Tipo de Serviço Duty Type	S1	Min. Temp. Ambiente	-15 °C				

Fonte: adaptado pelo autor.

Como todo alternador síncrono, o modelo em questão possui um regulador automático de tensão, responsável por fornecer energia ao sistema de excitação. O regulador utilizado no projeto é o *Unitrol 1000* do fabricante ABB (Figura 30). A partir de um algoritmo PID, o *Unitrol* regula a tensão e o fator de potência. Logo, a potência reativa e a corrente de excitação. Também limita a variação dessas grandezas para níveis indesejáveis. O AVR possui comunicação *ModBus* com a malha de instrumentação do WOIS. Além disto, possui um painel de operação local para ajuste de parâmetros. Outra maneira otimizada para ajuste de parâmetros pode ser feita por uma plataforma da ABB, o *CMT 1000 (Commissioning and Maintenance Tool)* para *Microsoft Windows*, por meio de uma análise oscilográfica e da curva de capacidade.

Figura 30: AVR UNITROL 1000.



Fonte: folha de dados do manual ABB.

O excitador, no interior da máquina síncrona, cria um campo magnético que induz uma corrente alternada no motor do excitador, no qual gira no eixo do gerador acionado pelo motor. A saída do excitador é retificada pelos diodos giratórios, também no eixo do gerador, para fornecer corrente contínua para o rotor principal (campo girante). O regulador de tensão ajusta a corrente do excitador à medida que detecta mudanças na tensão e frequência nos terminais de saída, resultantes da variação de carga da máquina primária, aumentando ou diminuindo a intensidade do campo do gerador (PAULON, 2012).

#### 3.1.4 COLABORAÇÃO NA ELABORAÇÃO DO PLANO DE MANUTENÇÃO DE MOTOR DE INDUÇÃO SIEMENS 90 kW DA BOMBA DE INCÊNDIO

O sistema de incêndio da BESA conta com dois motores elétricos conectados ao sistema de bombeamento e um motor a diesel. Em caso de incêndio, os motores são acionados de acordo com a vazão demandada, assim, após o primeiro motor de 3 kW (WEG) ser acionado, um motor elétrico maior, de 90 kW (Siemens) é energizado para manter a pressão na linha de água do encanamento de emergência. Na situação de um incêndio de maior proporção, em que a inclusão da segunda máquina elétrica no sistema não for suficiente para manter a pressão solicitada, um motor à combustão é acionado automaticamente.

Durante o período do estágio, o aluno elaborou um plano de manutenção para o motor elétrico de 90 kW, seguindo recomendações do fabricante e de outras empresas especializadas na manutenção de máquinas elétricas do mesmo porte e aplicações similares.

##### 3.1.4.1 RECOMENDAÇÕES PARA MANUTENÇÃO PREVENTIVA

Como o eixo do motor elétrico permanece em absoluto repouso, ele deve ser movido a cada dois meses. A cada cinco meses, inspeções devem ser realizadas para garantir que o motor esteja livre de sujeiras e detritos, e que o funcionamento do sistema de arrefecimento esteja adequado.

Todos os anos, a lubrificação dos rolamentos deve ser realizada. Anualmente, também, recomenda-se as seguintes inspeções:

- Vedação do eixo - reposição do selo radial;
- Verificação das conexões e montagens dos parafusos em geral;
- Verificação das condições dos rolamentos;
- Verificação da integridade das conexões elétricas e resistência de isolamento;
- Verificação dos disjuntores, relés de proteção, comutadores;
- Observação da imagem termográfica do motor.

A cada três anos, a graxa deve ser completamente renovada, devido ao seu envelhecimento, os rolamentos devem ser substituídos ou lavados, de acordo com as suas condições e as recomendações do fabricante.

### 3.1.5 ACOMPANHAMENTO DA MANUTENÇÃO DE MOTORES TRIFÁSICOS

Durante o estágio, o aluno pode aprender técnicas de manutenção em motores elétricos trifásicos de baixa tensão, a partir do acompanhamento das atividades programadas e executadas na oficina.

#### 3.1.5.1 EXPOSIÇÃO DAS TÉCNICAS DE MANUTENÇÃO ACOMPANHADAS

A atividade de manutenção de motores elétricos trifásicos é expressivamente comum em vários setores da indústria, como em linhas de produção. Durante o estágio, o aluno pôde acompanhar a manutenção de alguns desses motores.

Após a remoção do motor elétrico, esse é levado para oficina, onde é completamente desmontado. Durante a desmontagem, verifica-se a presença de marcações na pintura, que indicam a posição correta da montagem, e no caso de não haver essas marcações, as mesmas devem ser feitas para garantir o perfeito encaixe da estrutura do motor, conforme ilustrado na Figura 31.

Figura 31: a) Motor trifásico

B) Arranjo delta estrela e tabela de torques.



Fonte: Próprio autor.

Para manutenção, realiza-se uma limpeza geral na carcaça e peças do motor, em alguns casos é renovada a pintura. Também são substituídos os rolamentos esféricos dos rotores. Os rolamentos são removidos com um sacador de três garras. Os novos rolamentos são dilatados num aquecedor indutivo, até chegarem a uma temperatura de 110 graus Celsius, então são colocados com facilidade no eixo (Figuras 32 e 33).

Figura 32: Saca polia de três garras.



Fonte: Próprio autor.

Figura 33: Aquecedor indutivo.



Fonte: Próprio autor.

A medição da resistência de isolamento é feita entre as bobinas, e entre cada bobina e a carcaça do motor. Usa-se um megohmetro digital de 10 kV modelo *Fluke 1150*. Pela NBR 5383 (Máquinas Elétricas Girantes), a resistência de isolamento mínima recomendada para enrolamentos de motores de indução pode ser determinada pela equação:  $R_m = KV + 1$ , em que  $R_m$  é a resistência de isolamento mínima recomendada, em Megaohms ( $M\Omega = 1000 \text{ kW}$ ), com o enrolamento do motor a  $40^\circ\text{C}$  e  $KV$  é a tensão de linha nominal do motor (ex:  $440\text{V} = 0,440 \text{ KV}$ ). A tensão nominal dos motores que passaram pela manutenção é de  $480 \text{ V}$ , logo a resistência de isolamento mínima para esses motores é de  $1,48 \text{ M}\Omega$ . Como todas as medições realizadas ultrapassaram a casa de gigaohms, conclui-se que os terminais do motor estão bem isolados (Figura 34).

Figura 34: Medição das resistências de isolamento do motor elétrico.



Fonte: Próprio autor.

### 3.1.6 ACOMPANHAMENTO DE ATIVIDADES DE INSPEÇÃO E MANUTENÇÃO NA SUBESTAÇÃO 230 kV

No período de estágio, pôde-se acompanhar e dar suporte técnico durante a inspeção e manutenção preventiva da subestação de 230 kV. O serviço de manutenção foi realizado pela *M&I Electric Brazil*. O estagiário registrou as atividades realizadas pela equipe técnica coordenada pelo engenheiro de campo. Nesta seção estão registradas as atividades que foram acompanhadas.

Seguindo o planejamento de manutenção, a usina programou a desconexão e desligamento da linha de transmissão de 230 kV com a CHESF, informando a suspensão dos serviços. Também na subestação da BESA realizou-se a manobra de desconexão da linha e aterramento da chave terra, para garantir isolamento de alta tensão mesmo que houvesse um religamento acidental.

Com o auxílio de uma plataforma aérea, pôde-se realizar a limpeza dos isoladores posicionados mais alto, além de toda a manutenção nas junções das linhas e dos barramentos. Não foi realizado nenhum serviço nos transformadores de potência, por já foram inspecionados recentemente.

### 3.1.6.1 ACOMPANHAMENTO DA LIMPEZA DOS ISOLADORES

Uma das atividades iniciais da manutenção é a limpeza dos isoladores de todos os equipamentos elétricos. Os técnicos escalavam os equipamentos com escadas e cinto de segurança. Eles aplicam um solvente dielétrico em um pano, e em cada saia dos isoladores ou buchas, efetuam a limpeza. A limpeza de isoladores evita a mudança nas características dielétricas dos isoladores e evita a degradação do material (Figura 35).

Figura 35: Técnico da m&i electric brazil realizando limpeza em para-raio do transformador de potência.



Fonte: Próprio autor.

### 3.1.6.2 ACOMPANHAMENTO DA MANUTENÇÃO DOS DISJUNTORES SF6

Os disjuntores têm como função interromper a transmissão de energia, na detecção de correntes faltas ou por motivos de manobra, de maneira que extingue veloz e eficazmente o arco elétrico, protegendo os equipamentos da subestação.

Os disjuntores instalados na subestação da usina são tripolares e utilizam o gás SF6 para extinguir o arco elétrico. O SF6 é um gás incolor, inodoro e não combustível, possui a rigidez dielétrica 2,5 vezes maior que a do ar (a 1 atm) e o tempo que o arco é extinto no SF6 é 100 vezes menor que o ar, sob condições similares.

Nos disjuntores SF6, além da limpeza nos isoladores, a equipe técnica da M&I realizou a medição de suas grandezas físicas nos testes de funcionamento (Figura 36):

- Medição da resistência de isolamento;
- Verificação do nível do gás e vazamentos;
- Medição da resistência de contato (ducter);
- Oscilografia (análise do período de resposta de abertura do disjuntor);
- Sincronismo das fases do disjuntor;
- Medição do fator de potência.

Figura 36: Disjuntor SF6 da subestação 230 kV.



Fonte: Próprio autor.

Antes dos testes, os disjuntores eram desconectados dos cabos de transmissão e após a realização da manutenção nesse equipamento, reconectava-se os cabos, e reapertava-se todos os parafusos e juntas.

### 3.1.6.3 ACOMPANHAMENTO DA MANUTENÇÃO DOS TRANSFORMADORES PARA INSTRUMENTOS

Os transformadores de corrente e os transformadores de potencial capacitivo, presentes no arranjo da subestação, foram construídos especificamente para alimentarem instrumentos de medição, controle e proteção.

Os TI (Transformadores de Instrumentos) devem fornecer corrente e/ou tensão aos instrumentos conectados aos enrolamentos secundários, que ficam isolados galvanicamente dos enrolamentos primários, e a medida da grandeza elétrica deve ser adequada aos instrumentos a serem utilizados (MAMEDE FILHO, 2005).

Os serviços realizados nos TI foram (Figuras 37 e 38):

- Limpeza dos isoladores;
- Verificação de vazamento de óleo;
- Medição das resistências de isolamento;
- Medição da relação de espiras;
- Medição da resistência dos enrolamentos.

Figura 37: Transformador de potencial capacitivo.



Fonte: Próprio autor.

Figura 38: Transformador de corrente.



Fonte: Próprio autor.

#### 3.1.6.4 ACOMPANHAMENTO DA MANUTENÇÃO DAS CHAVES SECCIONADORAS

As chaves seccionadoras e de terra podem ser acionadas manualmente ou por meio de comandos motorizados. Os serviços realizados nas chaves da subestação foram (Figura 39):

- Limpeza nos isoladores;
- Verificação de comandos;
- Medição da resistência de isolamento;
- Sincronismo;
- Verificação do tempo de abertura e fechamento;
- Verificação e ajuste do eixo de cames na caixa terminal.
- Resistência ôhmica de contato.

Figura 39: Serviço de manutenção em chaves seccionadoras.



Fonte: Próprio autor.

#### 3.1.6.5 ACOMPANHAMENTO DA MANUTENÇÃO DOS PARA-RAIOS

Os para-raios presentes na subestação são de óxido de zinco, instalados na entrada da linha de transmissão, e na saída dos transformadores de potência (Figura 40). Os serviços de manutenção realizados nos para-raios foram os de limpeza e a medição da resistência de isolamento. Também foram inspecionados os circuitos SPDA de toda subestação, e trocados ou reapertados seus parafusos.

Figura 40: Para-raios de óxido de zinco.



Fonte: Próprio autor.

## 3.2 ATIVIDADES REALIZADAS NO PROJETO GASIS 3

O projeto P&D ANEEL, GASIS – Fase 3 (*Gases Intelligent Sensing* – Fase 3), tem como parceiros a Universidade Federal de Campina Grande, a Fundação Parque Tecnológico da Paraíba, a Agência Nacional de Energia Elétrica, a usina termoeletrica Borborema Energética S. A. e a usina Maracanaú Geradora de Energia S. A., por meio do LInCE (Laboratório de Inteligência Computacional em Bio Energia).

A atividade principal do projeto é o sensoriamento inteligente remoto, com e sem fio, via sensores embarcados ou móveis, e técnicas de inteligência artificial, para monitoramento em tempo real, da conformidade de emissões atmosféricas das chaminés da usina termoeletrica.

Os membros do projeto são divididos em três equipes: SPA (Subsistema de Processamento, Armazenamento e Apresentação), voltada para área de Ciência da Computação, SMC (Subsistema de Medição e Coleta), voltada para área de Engenharia Mecânica, e STI (Subsistema de Transmissão de Informações), voltada para área de Engenharia Elétrica.

O estagiário participou como membro da equipe STI, prestando serviços de suporte para atividades de captação de dados nos períodos de operação da BESA, e nas atividades de melhorias contínuas do sistema.

Ao longo do estágio, foi possível acompanhar melhorias no circuito de alimentação dos equipamentos de coleta de dados, localizados no topo das chaminés, como a instalação de dispositivos de segurança, disjuntores e DPS (Dispositivo de Proteção contra Surtos).

## 4 CONCLUSÃO

Ao final do período de estágio, durante a revisão do registro das atividades, constatou-se que essa fase vivida na Borborema Energética S. A. e no LInCE confirma uma carga de aprendizados distintos para o estagiário.

As atividades demandadas na usina comprovam a rotina e o dinamismo do setor industrial. A coordenação, planejamento, supervisão e realização das atividades técnicas, trabalham em sinergia, resolvendo e desenvolvendo soluções na busca da eficiência geral e do bem-estar coletivo.

Durante o estágio, o aluno vivenciou na prática, temas estudados na sala de aula e nos laboratórios. Os cursos de Máquinas Elétricas, Equipamentos Elétricos, Sistemas Elétricos, Eletrônica e Eletrônica de Potência, Redes de Sensores e Atuadores Industriais, Administração, Operação e Controle do Sistema Elétrico, Arquitetura de Sistemas Digitais e Instalações, foram diariamente praticados no setor de Operação e Manutenção e no projeto GASIS 3.

Além disto, o estagiário conviveu com um corpo de funcionários e pesquisadores de excelente gabarito, em um ambiente seguro e amigável. Destaca-se, também, que uma gama de tecnologias e serviços foram revelados para o aluno.

Assim, é correto concluir que o estágio integrado na Borborema Energética S. A. foi bem aproveitado, e de enorme valor profissional e acadêmico.

## 5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANEEL. Agência Nacional de Energia Elétrica. **Resolução Normativa N° 414** (2010).

**Manual de operação** - Wärtsilä Brasil. 2018. Disponível em  
<<https://www.wartsila.com/energy/learning-center/downloads>> Acessado em: 30 nov. 2018.

Wärtsilä Operator Interface system Power - **Plants Solutions**. 2014. Disponível em  
<[https://www.wartsila.com/docs/default-source/oil-gas-documents/wartsila\\_power\\_plants\\_solutions\\_2014\\_brochure.pdf](https://www.wartsila.com/docs/default-source/oil-gas-documents/wartsila_power_plants_solutions_2014_brochure.pdf)> Acessado em 30 nov. 2018.

LINCE - Laboratório de Inteligência Computacional e Bio-Energia. Página Institucional.  
Disponível em: <<http://lince.ufcg.edu.br/>>. Acesso em: 10 dez. 2018.

FECHINE, Gabriel Q. – **Relatório de Estágio Integrado Borborema Energética S. A.**  
UFCG / DEE.

PAULON, E. **Entenda sobre os alternadores dos Grupos Geradores Cummins**. 2012.

MAMEDE, João. Manual de Equipamentos Elétricos.

AvK - DSG/DIG Generators. Installation, Service and Maintenance.  
Disponível em [https://stamford-avk.com/sites/default/files/literature/manuals/A046V044\\_DSG\\_DIG\\_EN.pdf](https://stamford-avk.com/sites/default/files/literature/manuals/A046V044_DSG_DIG_EN.pdf) . Acesso em: 10 dez. 2018.

Avk - Product Guide. Cummins Generator Technologies.  
Disponível em [http://www.avk-cummins.cz/cummins/userfiles/PG\\_AvK.pdf](http://www.avk-cummins.cz/cummins/userfiles/PG_AvK.pdf) . Acesso em:  
10 dez. 2018.

UNITROL 1000 - Compact Automatic Voltage Regulator for small synchronous machines

Disponível em:

[https://library.e.abb.com/public/ef09c978bbfa7d11c125779300313ada/3BHT490333\\_E01\\_E\\_O.pdf](https://library.e.abb.com/public/ef09c978bbfa7d11c125779300313ada/3BHT490333_E01_E_O.pdf) Ac. Acesso em: 02 fev. 2019.

ABB - Low voltage motors - Motor guide.

Disponível em: <https://new.abb.com/docs/librariesprovider53/about-downloads/low-voltage-motor-guide.pdf>. Acesso em: 10 dez. 2018.