



Universidade Federal de Campina Grande - UFCG
Centro de Engenharia Elétrica e Informática - CEEI
Departamento de Engenharia Elétrica - DEE

RELATÓRIO DE ESTÁGIO INTEGRADO

**Estudos e Procedimentos Pré-Operacionais da Usina
Térmica Camaçari Muricy I**

Aluno: Felipe Vigolvino Lopes

Orientador: Damásio Fernandes Júnior, D.Sc.

Campina Grande – PB

Julho de 2009

Estudos e Procedimentos Pré-Operacionais da Usina Térmica Camaçari Muricy I

*Relatório de Estágio Integrado apresentado ao
Curso de Graduação em Engenharia Elétrica da
Universidade Federal de Campina Grande, em
cumprimento parcial às exigências para obtenção
do Grau de Engenheiro Eletricista.*

Campina Grande – PB

Julho de 2009

Estagiário:

Felipe Vigolvino Lopes

Matrícula:

20411223

Empresa:

RN ENERGIA – Consultoria e Serviços

Local:

ECM 1 – Energética Camaçari Muricy I

Camaçari, BA

Tipo de Estágio e Período:

Estágio Integrado

02 de março a 17 de Julho de 2009

Objetivo:

Realizar Estudos e Procedimentos pré-operacionais da Usina

Térmica Camaçari Muricy I

Professor Orientador:

Damásio Fernandes Júnior

AGRADECIMENTOS

Inicialmente agradeço a Deus por tudo que me proporciona na vida. À minha mãe e meu pai, os quais amo muito, pelo exemplo de vida e família bem como pelo apoio dado durante toda graduação. Às minhas irmãs por tudo que me ajudaram até hoje. Aos amigos que direta ou indiretamente contribuíram para o meu êxito na graduação. Ao Prof^o Dr. Damásio Fernandes Júnior, orientador, professor, amigo, um muito obrigado pela dedicação e ajuda. Um muito obrigado aos engenheiros Humberto Novaes e Waldez Azevedo pela oportunidade do estágio bem como aos colegas da empresa RN Energia pelo companheirismo, paciência e confiança ao longo do período do estágio. Sinceros agradecimentos ao engenheiro Bruno Barros que tanto nos ensinou nestes meses de trabalho. E, finalmente, agradeço a todos que me ajudaram direta ou indiretamente para o sucesso e bom aproveitamento deste estágio. Um MUITO OBRIGADO a todos vocês!

RESUMO

Ao longo do projeto e construção de Usinas voltadas para a geração de energia é verificada a constante preocupação com a garantia de um bom funcionamento da planta em questão. Procedimentos pré-operacionais se fazem necessários a partir do momento em que se deseja eliminar problemas detectados ao longo da obra bem como realizar a adequação dos equipamentos às exigências do ONS (Operador Nacional do Sistema Elétrico) visando o fornecimento de energia elétrica de boa qualidade à rede básica.

Dentre os procedimentos pré-operacionais da área de engenharia elétrica, podem ser citados como etapas indispensáveis os testes de curto-circuito, testes de estabilidade e o comissionamento, que se trata de um processo realizado para assegurar que os sistemas e componentes da unidade industrial em questão sejam projetados, instalados, testados, operados e mantidos de acordo com as necessidades e requisitos operacionais do proprietário bem como dos órgãos fiscalizadores do sistema de energia elétrica do país. Portanto, na prática, o comissionamento na área de engenharia elétrica consiste na aplicação de um conjunto de técnicas e procedimentos de engenharia para verificar, inspecionar e testar os dispositivos elétricos, instrumentos de medição, cabos elétricos, painéis elétricos bem como os equipamentos elétricos envolvidos no processo de geração de energia da planta em questão.

Sendo assim, este relatório possui informações a respeito dos procedimentos pré-operacionais realizados ao longo da construção da Usina Térmica Camaçari Muricy I por meio da empresa fiscalizadora de engenharia RN Energia, evidenciando os procedimentos realizados para comissionamento das áreas de baixa, média e alta tensão da Usina.

SUMÁRIO

	Pág.
INTRODUÇÃO	12
1. A Empresa – RN Energia.....	12
2. A Usina Térmica Camaçari Muricy I.....	13
3. Objetivos.....	16
CAPÍTULO I – <i>Comissionamento da UTE Muricy I em baixa tensão</i>	17
1. Baixa Tensão.....	17
1.1 Centro de Distribuição de Cargas – CDC.....	19
1.2 Centros de Controle de Motores – CCM’s.....	22
2. Comissionamento em baixa tensão.....	25
2.1 Cabos Elétricos de força.....	25
2.2 Motores Elétricos.....	31
2.3 Painéis Elétricos CCM’s e CDC.....	34
CAPÍTULO II - <i>Comissionamento da UTE Muricy I em média tensão</i>	36
1. Média Tensão.....	36
1.1 Geradores ABB e INDAR.....	38
1.2 Painéis EATON 13,8 kV.....	39
1.3 Painel SMP – <i>Speed Metering Panel</i>	46
2. Comissionamento em Média Tensão.....	47
2.1 Conjuntos Motor-gerador.....	47
2.2 Testes nos Painéis EATON 13,8 kV.....	50
2.2.1 Cabos Elétricos.....	50
2.2.2 Disjuntores.....	51
2.3 Testes no Painel SMP – <i>Speed Metering Panel</i>	53

CAPÍTULO III - <i>Comissionamento da UTE Muricy I em alta tensão</i>	56
1. Alta Tensão.....	56
1.1 Subestação 230 kV.....	56
2. Comissionamento em Alta Tensão.....	61
2.1 Disjuntores.....	62
2.2 Chaves seccionadoras.....	64
2.3 Relés e supervisorio.....	67
CONCLUSÕES	68
BIBLIOGRAFIA	69

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1 – Organograma da RN Energia.....	13
Figura 2 – Vista superior dos conjuntos motor-gerador.....	14
Figura 3 – Transformador elevador da subestação 230 kV.....	14
Figura 4 – Subestação 230 kV da Usina Termelétrica Muricy I.....	15
Figura 5 – Entradas de Linha da Subestação Pólo.....	15
Figura 6 – Tanques de processos.....	17
Figura 7 – Tanques de armazenamento de HFO, armazenamento de água e tanques de processos.....	18
Figura 8 – Transformadores Auxiliares – TSA’s.....	19
Figura 9 – Gerador de emergência STEMAC.....	20
Figura 10 – Disjuntores de interligação de barramentos do CDC.....	20
Figura 11 – Centro de Distribuição de Cargas (CDC)	21
Figura 12 – Parte interna do painel CDC.....	21
Figura 13 – Vista frontal do Painel CCM DAS 1.....	23
Figura 14 – Vista frontal do Painel CCM DASR 5.....	23
Figura 15 – Vista frontal do Painel CCM CAS.....	24
Figura 16 – Vista frontal do Painel CCM FTS.....	24
Figura 17 – Vista frontal do Painel CCM UOS.....	25
Figura 18 – Multímetro e opção de verificação de continuidade.....	26
Figura 19 – Teste de continuidade de cabos elétricos.....	27
Figura 20 – Corrente Condutiva.....	28
Figura 21 – Corrente Capacitiva.....	28
Figura 22 – Teste de Resistência de Isolação entre fases.....	29
Figura 23 – Megômetro com calibração vencida.....	30
Figura 24 – Megômetro com calibração normalizada.....	30
Figura 25 – Sentido de giro dos motores elétricos.....	31
Figura 26 – Ligação interna dos motores.....	32
Figura 27 - Testes de giro dos motores.....	32
Figura 28 – Correção do aterramento dos motores.....	33
Figura 29 – Comissionamento de gavetas dos Painéis Elétricos.....	35
Figura 30 – Comissionamento dos Painéis Elétricos CCM’s.....	35

Figura 31 – Vista superior do motor MAN Diesel.....	36
Figura 32 – Vista lateral do motor MAN Diesel.....	36
Figura 33 – Mecanismo para acoplamento do eixo do motor MAN Diesel.....	37
Figura 34 – Geradores ABB e INDAR.....	38
Figura 35 – Resistência de Aterramento.....	39
Figura 36 – Painel EATON 13,8 kV.....	39
Figura 37 – Disjuntor Cuttler-Hummer.....	40
Figura 38 – Disjuntor instalado no Painel 13,8 kV.....	40
Figura 39 – Procedimento para carregamento de mola.....	41
Figura 40 – Chave rotativa operando o disjuntor.....	41
Figura 41 – Relé MiCOM P343 (AREVA) para proteção de geradores.....	45
Figura 42 – Relé MiCOM P132 (AREVA) para proteção de transformadores.....	45
Figura 43 – Painel SMP.....	46
Figura 44 – Aterramento não efetuado do gerador 7.....	47
Figura 45 – Aterramento efetuado no gerador 7.....	48
Figura 46 – Retirada dos geradores INDAR para manutenção.....	48
Figura 47 – Manutenção nos rotores.....	49
Figura 48 – Antes das correções.....	49
Figura 49 – Depois das correções.....	49
Figura 50 – Chegada dos geradores após manutenção.....	49
Figura 51 – Teste de HiPot.....	50
Figura 52 – Muflas danificadas do cabo 13,8 kV reprovado no teste de isolamento.....	51
Figura 53 – Teste dos intertravamentos dos disjuntores do Painel EATON.....	52
Figura 54 – Testes dos circuitos de comando do Painel EATON 13,8 kV.....	53
Figura 55 – Maleta multiteste.....	54
Figura 56 – Comissionamento dos painéis SMP.....	54
Figura 57 – Comparação entre medições nos displays e no supervisório.....	54
Figura 58 – Sincronização dos geradores com a rede básica.....	55
Figura 59 – Transformador elevador WEG.....	57
Figura 60 – Disjuntor a gás SF ₆ da subestação 230 kV.....	57
Figura 61 – Seccionadora s/ lâmina de terra.....	58
Figura 62 – Seccionadora c/ lâmina de terra.....	58
Figura 63 – Seccionadora aérea.....	59

Figura 64 – Transformador de Corrente da subestação 230 kV.....	59
Figura 65 – Transformador de Potencial da subestação 230 kV.....	60
Figura 66 – Pára-raios da subestação 230 kV.....	61
Figura 67 – Comissionamento da Subestação 230 kV.....	62
Figura 68 – Preenchimento dos disjuntores com gás SF ₆	62
Figura 69 – Verificação dos manômetros dos disjuntores.....	63
Figura 70 – Realização da oscilografia.....	63
Figura 71 – Realização do teste de resistência entre contatos.....	64
Figura 72 – Verificação do alinhamento e nivelamento das seccionadoras.....	64
Figura 73 – Diferentes mecanismos de abertura das chaves seccionadoras.....	65
Figura 74 – Abertura desregular das chaves seccionadoras.....	65
Figura 75 – Chaves Seccionadoras térreas do TIE antes da correção.....	66
Figura 76 – Adequação das seccionadoras do TIE.....	66
Figura 77 – Aplicação de conectores prolongados nas chaves seccionadoras aéreas.....	66
Figura 78 – Testes e verificações a partir do supervisor da subestação.....	67

LISTA DE TABELAS

	Pág.
Tabela 1 – Objetivos do Estágio.....	16
Tabela 2 – Lista dos Painéis CCM instalados na Usina.....	22
Tabela 3 – Resumo dos testes de continuidade.....	27
Tabela 4 – Testes de resistência de isolamento dos cabos elétricos.....	31
Tabela 5 – Teste de giro dos motores elétricos.....	33
Tabela 6 – Adequação dos disjuntores alimentadores.....	34
Tabela 7 – Características dos Geradores.....	38
Tabela 8 – Especificações dos disjuntores do painel EATON.....	42
Tabela 9 – Transformadores de Potencial – TP’s.....	42
Tabela 10 – Transformadores de Potencial – TC’s.....	43
Tabela 11 – Pára-raios.....	43
Tabela 12 – Testes de isolamento dos cabos elétricos 13,8 kV.....	51
Tabela 13 – Testes nos disjuntores 13,8 kV (Painel EATON).....	53

INTRODUÇÃO

Durante o projeto e construção de uma Usina geradora de energia, a necessidade da realização de procedimentos pré-operacionais como o comissionamento dos dispositivos e equipamentos elétricos envolvidos no processo de geração de energia, tem se tornado cada vez mais evidente. A possibilidade da aplicação de multas e outras punições por conta do fornecimento de energia elétrica de má qualidade ao SIN (Sistema Interligado Nacional), por parte das usinas geradoras, faz com que a engenharia procure confirmar o bom funcionamento da planta em construção através de testes e procedimentos realizados antes do início das atividades de geração.

Portanto, na busca por um funcionamento confiável, neste caso da Termelétrica Camaçari Muricy I, foram acompanhados ao longo do estágio os procedimentos de comissionamento da usina, os quais se demonstraram extremamente necessários antes da interligação da termelétrica ao Sistema Interligado Nacional (SIN).

1. A Empresa

Este estágio teve duração de 4 (quatro) meses, sendo enquadrado como estágio integrado. A empresa contratante foi a RN Energia Consultoria e Serviços em Energia Elétrica, fundada no Rio de Janeiro e atuante em várias partes do Brasil no seguimento de fiscalização e construção de usinas termelétricas. Sendo assim, pode-se dizer que a RN Energia é uma empresa de engenharia do proprietário, focada no gerenciamento da implantação de usinas termelétricas.

O corpo técnico da empresa é altamente especializado e possui largo conhecimento da regulação do setor elétrico. O trabalho de gerenciamento é desenvolvido em parceria com os empreendedores, cabendo à RN Energia dar todo o suporte a estes, incluindo:

- 1) o relacionamento com as agências governamentais e órgãos de meio ambiente;
- 2) o planejamento e controle das etapas de implantação do projeto;
- 3) o apoio à negociação de contratos com fornecedores nacionais e internacionais;
- 4) a avaliação técnica de projetos na área de energia.

A empresa tem como missão viabilizar soluções técnicas e administrativas de Engenharia em Energia com excelência de atendimento, buscando inovar sempre em

prol da rentabilidade e sustentabilidade. Sua visão consiste em ser reconhecida até 2013, em nível nacional, pela excelência em gerenciamento de empreendimentos em energia.

Basicamente, à frente da RN Energia existe um diretor superintendente (Humberto David de Novaes) responsável pela gerencia da empresa como um todo; um diretor de engenharia (Claude de Winter) que tem como função realizar e encaminhar os documentos relacionados com projetos mecânicos e civis da obra; um diretor de Implantação (Waldez Fernandes de Azevedo) responsável pelo encaminhamento das atividades de engenharia desde a confecção de orçamentos até a contratação e execução de trabalhos relacionados; e, por fim, a responsável pelos Recursos Humanos (Áurea Cristina Ramos de Novaes). A seguir, a Figura 1 demonstra os setores descritos e evidencia as pessoas envolvidas em cada um dos setores.

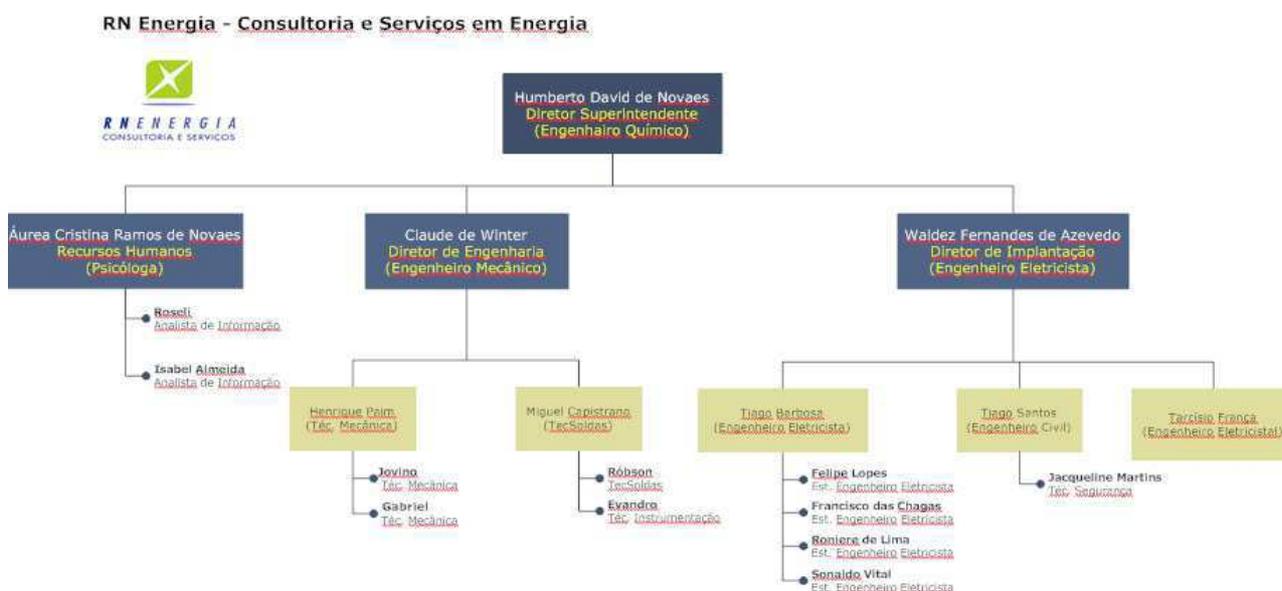


Figura 1 – Organograma da RN Energia.

2. A Usina Térmica Camaçari Muricy I

A Usina Termelétrica de Muricy I é constituída de 8 (oito) geradores acionados por motores a óleo combustível, cada um deles com potência nominal de 23,125 MVA, fator de potência 0,8 atrasado, tensão nominal de 13,8 kV e excitação por meio de ponte rotativa de diodos com retificação por coletor sem escovas (“brush-less”).

Os geradores são agrupados em 2 (dois) conjuntos de manobra de 13,8 kV, cada um com 4 (quatro) geradores, sendo estes conectados em paralelo numa barra de

13,8 kV por meio de cada respectivo disjuntor de máquina, através do qual será possível sincronizar os geradores com o sistema.



Figura 2 – Vista superior dos conjuntos motor-gerador.

A energia necessária aos serviços auxiliares de cada um dos conjuntos de 4 (quatro) geradores é fornecida por transformadores auxiliares de potência nominal de 2,5 MVA cada, os quais são alimentados, por meio de disjuntor, a partir da barra do conjunto de manobra de 13,8 kV correspondente.

Sendo assim, a energia elétrica disponível em cada conjunto de geradores na tensão de 13,8 kV tem o seu nível de tensão elevado para 230 kV por intermédio de um transformador-elevador de 80/95 MVA, sendo diretamente entregue ao barramento da subestação de 230 kV da Usina Termelétrica (UTE) Muricy I.

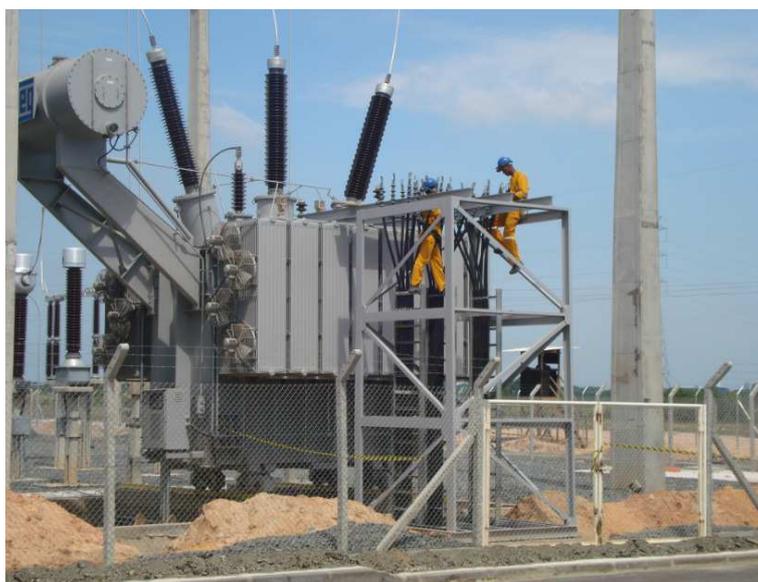


Figura 3 – Transformador elevador da subestação 230 kV.

O barramento da referida subestação tem tensão nominal de 230 kV sendo do tipo com uma barra principal normalmente em operação e uma barra de transferência, que somente será energizada quando o disjuntor de interligação de barras estiver substituindo qualquer um dos demais.



Figura 4 – Subestação 230 kV da Usina Termelétrica Muricy I.

A partir do barramento principal de 230 kV da subestação e por meio de uma linha de transmissão relativamente curta, a energia gerada pela UTE Muricy I será transportada até a SE Pólo de Camaçari a qual será parte integrante da rede básica do Sistema Interligado Nacional, operado pelo ONS.



Figura 5 – Entradas de Linha da Subestação Pólo.

2. Objetivos

As atividades e objetivos deste estágio foram organizados da seguinte forma:

Tabela 1 – Objetivos do Estágio.

ETAPAS	SEMANAS																	
	Março				Abril				Maio				Junho				Julho	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Estudo dos diagramas funcionais, unifilares e trifilares da usina.																		
Realização do comissionamento em baixa tensão.																		
Realização do comissionamento em média tensão																		
Realização do comissionamento em alta tensão.																		
Elaboração do relatório																		

Ao fim destas etapas, o estágio teve dois objetivos principais que foram:

OBJETIVO 1: Fiscalizar o comissionamento dos equipamentos e dispositivos elétricos instalados nos níveis de baixa, média e alta tensão no intuito de levantar as pendências e problemas a serem solucionados antes do início da operação da usina termelétrica Muricy I.

OBJETIVO 2: Realizar a adequação, correções e novos testes nos equipamentos elétricos listados na primeira etapa do estágio a fim de evitar problemas na operação do sistema bem como certificar a qualidade e confiabilidade da instalação.

CAPÍTULO I

Comissionamento da UTE Muricy I em baixa tensão

1. Baixa Tensão

Possuidora de 8 (oito) conjuntos gerador-motor com potência nominal de 23,125 MVA, a usina térmica Camaçari Muricy I apresenta uma vasta instalação elétrica e mecânica. A matéria-prima para a geração de energia nesta usina é o óleo combustível chamado de HFO (*Heavy Fuel Oil*) o qual foi escolhido por questões econômicas e pela disponibilidade no mercado (é facilmente encontrado). Além do HFO, são também encontrados ao longo do processo de geração da UTE Muricy I o óleo diesel (envolvido na partida dos motores e caldeiras), o óleo lubrificante (lubrificação de equipamentos periféricos, motores e geradores) e, como resultado do tratamento do combustível, o *sludge* ou borra. Todos estes são armazenados nos tanques de processos evidenciados na Figura 6.



Figura 6 - Tanques de processos.

Conforme mencionado, tratando-se de um óleo pesado a principal matéria-prima da UTE Muricy I, durante e depois da armazenagem do HFO são necessários procedimentos para tratamento deste combustível, fato este que torna essencial uma intensa instrumentação e automação dos processos envolvidos, os quais são realizados

através do uso de equipamentos periféricos que, na UTE Muricy I, são eletricamente alimentados por uma tensão de 480 V_{ac} (baixa tensão disponível).



Figura 7 – Tanques de armazenamento de HFO, armazenamento de água e tanques de processos.

Da mesma forma, além dos equipamentos destinados ao tratamento do óleo combustível, existem diversos outros alimentados no mesmo nível de tensão como, por exemplo, os envolvidos com a partida dos motores (sistema de ar comprimido), sistema de caldeiras (geração de vapor para aquecimento constante do HFO), bombas do sistema de incêndio, bancos retificadores/baterias, bombas do tratamento d'água, bombas do sistema de esgoto, entre outros.

Portanto, pode-se dizer em resumo que a área de baixa tensão da usina é responsável pela viabilização do funcionamento dos equipamentos envolvidos no processo de tratamento do combustível HFO, na iluminação, na alimentação de relés e sistemas de controle, no sistema de incêndio, na operação dos motores, no tratamento d'água, no sistema de esgotos e na alimentação de periféricos auxiliares de diversos outros equipamentos desde o descarregamento de HFO até a subestação. Sendo assim, encontram-se instalados na UTE Muricy I painéis elétricos através dos quais as cargas mencionadas são eletricamente alimentadas. Em resumo, é possível destacar na usina Muricy I dois principais tipos de painéis de baixa tensão: o Centro de Distribuição de Cargas (CDC) e o Centros de Controle de Motores (CCM) em baixa tensão até 600 V, os quais serão descritos a seguir.

1.1 Centro de Distribuição de Cargas - CDC

Considerado o coração da Termelétrica Muricy I, o CDC (Centro de Distribuição de Cargas) possui 3 (três) barramentos alimentados sob uma tensão de 480 V_{ac} proveniente da redução da tensão tomada nos barramentos de 13,8 kV por meio de 3 trafos denominados de transformadores de serviços auxiliares (TSA's). Interligados por meio de disjuntores, dois destes transformadores tomam a tensão primária de 13,8 kV do barramento da própria usina em que estão interligados os geradores (TSA1 e TSA2) e um tem tensão primária em mesmo nível proveniente da concessionária COELBA (TSA3).

1.1.1 Transformadores auxiliares – TSA's

Os 3 (três) transformadores auxiliares (Figura 8) têm como função alimentar todo o nível de baixa tensão da UTE Muricy I. Tratam-se de transformadores abaixadores com tensão primária de 13,8 kV proveniente da geração e tensão secundária de 480 V_{ca}. O TSA1 e o TSA2 têm potência nominal de 2,5 MVA, reatância síncrona de 5% e são responsáveis pela alimentação do barramento 1 e 2 do CDC e, conseqüentemente, dos periféricos dos grupos motor-gerador de 1 a 4 e de 5 a 8, respectivamente. Já o TSA3, é responsável pela alimentação do barramento 3 do CDC e, portanto, dos serviços auxiliares essenciais referentes ao tratamento de óleo combustível, serviços comuns, baterias, entre outros. O TSA3 também é um transformador abaixador com reatância síncrona de 5%, potência nominal de 750 kVA, tensão primária de 13,8 kV proveniente da COELBA (rede básica) e tensão secundária de 480 V_{ca}.



Figura 8 – Transformadores Auxiliares – TSA's.

1.1.2 Grupo Diesel (Gerador de Emergência) – GD1

Acionado por motor de combustão interna, o gerador diesel possui um painel de controle para partidas automática e manual bem como todos os acessórios necessários para operação isolada em serviço de emergência ou em paralelo com o sistema de distribuição local. Este Grupo Gerador, na falha dos transformadores auxiliares, é interligado ao CDC por meio de um disjuntor e de um quadro de transferência automática (QTA), sendo capaz de alimentar, em situações de sinistro, as cargas essenciais da usina Muricy I. Na figura 9 é mostrado o gerador de emergência.



Figura 9 – Gerador de emergência STEMAC.

Ainda no CDC é possível verificar a existência de disjuntores de interligação de barras, ou seja, 2 (dois) disjuntores que podem interligar os barramentos 1 e 3 ou o 2 e 3 (Figura 10). Isto ocorre pelo fato da necessidade de alimentar o barramento 3 por meio do TSA1 ou do TSA2, caso a COELBA saia de funcionamento e o gerador de emergência não suporte as cargas necessárias. O diagrama da instalação elétrica descrita acima pode ser encontrado no ANEXO A.



Figura 10 – Disjuntores de interligação de barramentos do CDC.

Dentre as cargas cuja alimentação sai do CDC, podem ser citados os 19 painéis CCM's dispostos ao longo da usina além de outros equipamentos como No-Breaks, serviços auxiliares dos transformadores elevadores e chaves seccionadoras, painel do gerador de emergência, sistema de ar condicionado e, por fim, carregadores dos bancos de baterias de 24 e 125 V_{cc} (retificadores). A Figura 11 evidencia a parte frontal do CDC.



Figura 11 – Centro de Distribuição de Cargas (CDC).

Na Figura 12, são mostradas algumas partes internas do painel CDC de forma que se torna possível identificar a aplicação de alguns equipamentos como transformadores de corrente (TC's), cabos elétricos e os 3 barramentos de 480 V_{ca} existentes.



Figura 12 – Parte interna do painel CDC.

1.2 Centro de Controle de Motores – CCM's

Conforme mencionado anteriormente, encontram-se instalados na usina Muricy I um total de 19 painéis CCM's. Os quantitativos e descrição das funções de cada um destes painéis são evidenciados na Tabela 2.

Tabela 2 – Lista dos Painéis CCM instalados na Usina.

Painel	Nome	Função	Qtd.
CCM-DAS1 a CCM-DAS4	<i>Diesel Auxiliary Switchboard</i>	Alimentação e proteção dos periféricos dos conjuntos motor-gerador de 1 a 4.	4
CCM-DAS5 a CCM-DAS8	<i>Diesel Auxiliary Switchboard</i>	Alimentação e proteção dos periféricos dos conjuntos motor-gerador de 5 a 8.	4
CCM-DASR1 a CCM-DASR8	<i>Diesel Auxiliary Switchboard Radiators</i>	Alimentação e proteção dos radiadores dos conjuntos motor-gerador de 1 a 8.	8
CCM-CAS	<i>Commun Auxiliary Switchboard</i>	Alimentação e proteção dos periféricos relacionados com processos comuns entre áreas.	1
CCM-FTS	<i>Fuel Treatment Switchboard</i>	Alimentação e proteção dos periféricos envolvidos no tratamento, descarregamento e carregamento de óleo lubrificante e diesel, carregamento de borra e manuseio do óleo combustível HFO.	1
CCM-UOS	<i>Unloading Oil System</i>	Alimentação e proteção dos periféricos envolvidos no descarregamento de Óleo.	1

Devido a utilização de 4 geradores ABB e 4 geradores INDAR, foi necessária a instalação de painéis diferentes para as máquinas de 1 a 4 e de 5 a 8. A compra de diferentes geradores se deu por conta dos prazos estabelecidos para a obra. De fato, falar de prazos no meio da construção de usinas significa economizar possíveis gastos com multas as quais, em geral, se aproximam da ordem de milhões de reais por mês de atraso.

1.2.1 CCM DAS - *Diesel Auxiliary Switchboard*

Os painéis CCM DAS1 ao DAS8 são destinados à alimentação e proteção dos equipamentos periféricos dos conjuntos motor-gerador de 1 a 8. Sendo assim, diz-se que os periféricos dos geradores ABB, dos geradores INDAR e dos motores MAN Diesel são alimentados a partir dos painéis DAS (Figura 13).



Figura 13 – Vista frontal do Painel CCM DAS 1.

1.2.2 CCM DASR1-8 - Diesel Auxiliary Switchboard Radiators

Os painéis CCM DASR1 ao DASR8 são destinados à alimentação e proteção dos radiadores dos conjuntos motor-gerador de 1 a 8, ou seja, cada CCM é responsável pela devida alimentação e proteção de um conjunto de 16 radiadores para cada conjunto motor-gerador. Os 8 (oito) CCM's têm igual estrutura e totalizam uma corrente de entrada no painel de aproximadamente 400 A proveniente do CCM DAS correspondente.



Figura 14 – Vista frontal do Painel CCM DASR 5.

1.2.3 CCM CAS - Commun Auxiliary Switchboard

O painel CCM CAS (Figura 15) é destinado à alimentação e proteção dos periféricos relacionados com processos comuns entre áreas. Dentre os equipamentos alimentados via CCM CAS podem ser citados os relacionados com o sistema de ar comprimido envolvido com a partida dos motores, bombas móveis de transferência de óleo lubrificante, além de bombas utilizadas para drenagem de água acumulada ou

encaminhamento da mesma. Este painel totaliza uma corrente de entrada de aproximadamente 150 A provenientes do barramento 3 do CDC.



Figura 15 – Vista frontal do Painel CCM CAS.

1.2.4 CCM FTS - Fuel Treatment Switchboard

O painel CCM FTS (Figura 16) é destinado à alimentação e proteção dos periféricos envolvidos no tratamento, descarregamento e carregamento de óleo lubrificante e diesel, carregamento de borra e manuseio do óleo combustível HFO. Sendo o maior e um dos mais importantes CCM's instalados na usina Muricy I, o bom funcionamento do FTS é de suma importância para a boa qualidade do combustível utilizado pelos motores. Este painel totaliza uma corrente de entrada de aproximadamente 1400 A provenientes do barramento 3 do CDC.



Figura 16 – Vista frontal do Painel CCM FTS.

1.2.5 CCM UOS - *Unloading Oil System*

O painel CCM UOS (Figura 17) é destinado à alimentação e proteção dos periféricos envolvidos no descarregamento e recirculação de Óleo HFO bem como da iluminação da área de descarregamento. No processo da usina, é o primeiro painel a ser acionado, pois está envolvido com o despejo de combustível nos tanques de armazenagem. Este painel totaliza uma corrente de entrada de aproximadamente 400 A provenientes do barramento 3 do CDC.



Figura 17 – Vista frontal do Painel CCM UOS.

2. Comissionamento em Baixa Tensão

O comissionamento em baixa tensão da UTE Muricy I consistiu basicamente em verificar as condições de operação dos cabos elétricos de força, dos motores elétricos ao longo da instalação da usina e, por fim, dos painéis elétricos CDC (Centro de Distribuição de Cargas) e dos CCM's (Centros de Controle de Motores).

Desta forma, os tópicos a seguir se destinam a detalhar os procedimentos realizados.

2.1 Cabos elétricos de força

O comissionamento dos cabos elétricos de força de baixa tensão foi realizado em duas etapas. Inicialmente foi realizado o teste de continuidade e em seguida o teste de resistência de isolamento. Tais procedimentos se fazem necessários para que não ocorra

um funcionamento indesejado dos equipamentos interligados por meio dos cabos em questão. A seguir, é feita uma descrição destes testes.

2.1.1 Teste de continuidade

No teste de continuidade são verificados os pontos em que os cabos se encontram conectados. Em geral, o volume de cabos elétricos numa usina é enorme. Além de diversos equipamentos a serem interligados, muitas vezes são utilizados mais de um cabo por fase de forma que a quantidade de condutores elétricos aumenta mais ainda, facilitando a ocorrência de erros de conexões. Outro fator agravante é que muitos dos cabos são longos e têm suas extremidades conectadas em pontos distantes entre elas.

Desta forma, o teste de continuidade é um teste realizado com o auxílio de um simples multímetro. Qualquer multímetro de boa qualidade (Figura 18) possui uma opção em que é emitido um sinal sonoro em caso de curto-circuito, ou seja, em casos nos quais a resistência entre as duas pontas de prova é aproximadamente nula (curto-circuito entre as duas pontas de prova).



Figura 18 – Multímetro e opção de verificação de continuidade.

Para verificar a continuidade de um cabo elétrico, basta selecionar a opção de aviso sonoro do multímetro, e unir as pontas de prova cada uma em uma extremidade do cabo. Caso o sinal sonoro não seja emitido, ou estão se tomando extremidade de cabos diferentes ou então o cabo elétrico está rompido.

Na UTE Muricy I, a grande maioria dos cabos testados tinha comprimento considerável de forma que foi necessário assumir um ponto comum entre uma das extremidades do cabo e uma das pontas de prova. Este ponto foi a **malha de terra**.

A malha de terra é comum para toda a usina de forma que, para verificar a continuidade de cabos elétricos longos, conectou-se uma das extremidades do cabo em um ponto aterrado e, na outra extremidade, uniu-se uma das pontas de prova. Em seguida, a outra ponta de prova foi conectada num outro ponto aterrado. Desta forma, a continuidade era garantida através da malha de terra. Para facilitar a compreensão, a Figura 19 mostra a montagem para testes de continuidade.

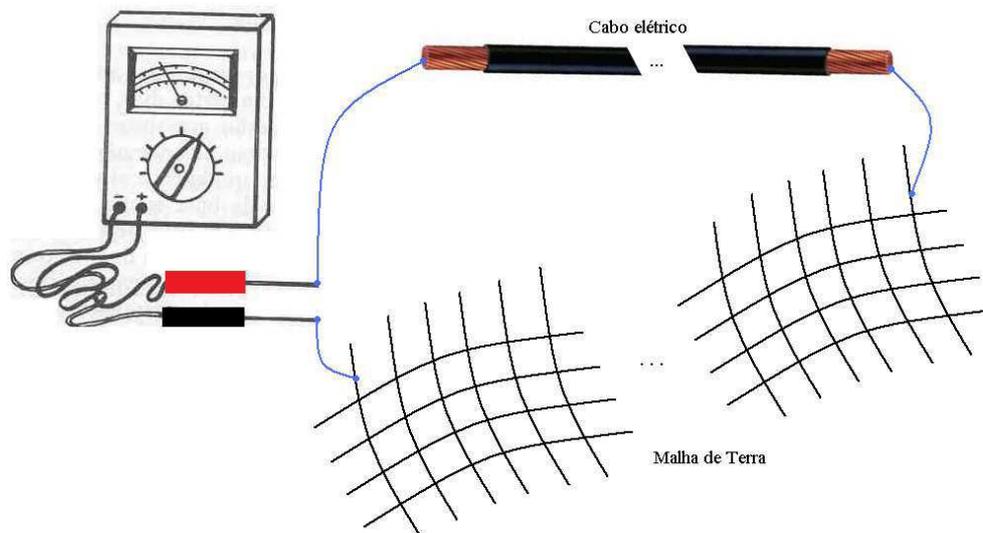


Figura 19 – Teste de continuidade de cabos elétricos.

Em resumo os resultados obtidos foram:

Tabela 3 – Resumo dos testes de continuidade

Tipo de teste	Teste de continuidade.
Equipamentos Utilizados	- Multímetro digital e Fios auxiliares.
Cabos Verificados	- Alimentadores dos TSA's; - Alimentadores dos DAS's; - Alimentadores dos DASR's; - Alimentadores do FTS; - Alimentadores do UOS; - Alimentadores do CAS; - Motores elétricos em Geral; - Painéis elétricos auxiliares.
Duração dos testes	2 meses.
Problemas verificados	- Alimentadores trocados entre o TSA1 e TSA3; - Alimentadores trocados entre DAS5 e DAS6; - Painel CAS com barramento terra não interligado à malha. - Radiadores interligados aos DASR's não aterrados.

2.1.2 Teste de resistência de isolamento

Sabe-se que cabos elétricos são dimensionados para suportar correntes nominais e níveis de tensão estabelecidas no projeto da instalação em questão. Porém, em diversos casos, são inevitáveis sobretensões ocasionadas por distúrbios ao longo da instalação elétrica. Dependendo do nível da sobretensão, é possível que o isolamento dos cabos não suporte tal distúrbio e permita a passagem de corrente entre os condutores. Esta condução promoveria a aparição de um efeito capacitivo entre os cabos bem como a passagem de corrente entre os mesmos, o que significaria uma espécie de falta entre duas fases do sistema. Em operação, são verificadas duas correntes de fuga entre os cabos: a **corrente condutiva** (Figura 20), que é a corrente de fuga entre os condutores e, por causa do efeito capacitivo entre os condutores, a **corrente capacitiva** (Figura 21). A soma dessas correntes resulta na corrente total que circula através do meio isolante (geralmente ar + isolamento dos cabos), a qual pode provocar diversos danos ao sistema em questão em casos de falha do isolamento dos cabos.

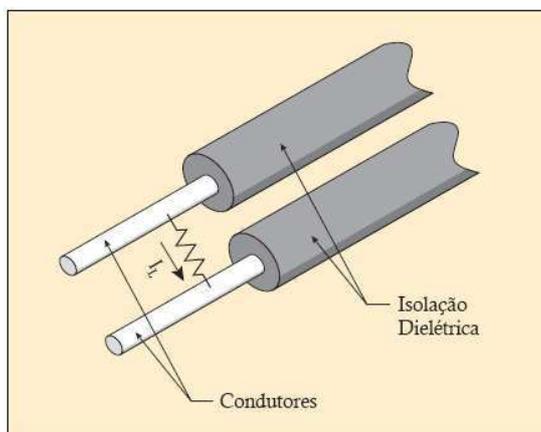


Figura 20 – Corrente Condutiva.

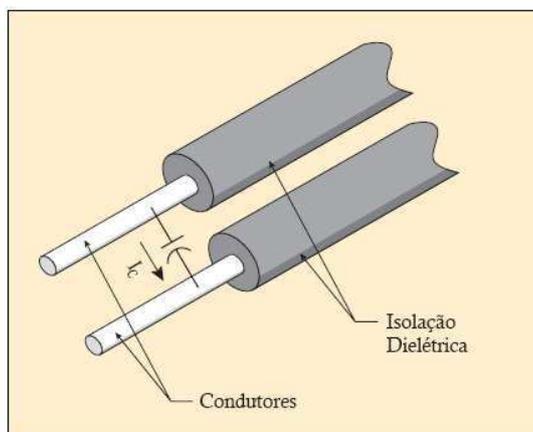


Figura 21 – Corrente Capacitiva.

Na UTE Muricy I foram acompanhados os testes de resistência de isolamento dos cabos elétricos em baixa tensão ao longo de 2 meses. Estes testes foram realizados em paralelo com os testes de continuidade a fim de evitar a manipulação dos cabos por mais de uma vez. O teste seguiu a norma especificada nos próprios cabos. Em baixa tensão, os cabos consideravam a norma ABNT NBR 7286 (impressa no cabo) e a IEC 60502-2 as quais especificam várias condições para teste de resistência de isolamento. Dentre as condições estipuladas pelas normas são verificados os níveis de tensão a serem aplicados, os quais dependem do nível de isolamento do cabo e, por fim, mencionavam o

tempo de aplicação da tensão. O instrumento utilizado no teste de resistência de isolamento de cabos elétricos em baixa tensão é o **megômetro**.

O Megômetro é um instrumento usado para executar testes de isolamento utilizando um princípio de funcionamento que consiste em gerar e aplicar uma tensão contínua sobre os terminais do equipamento ou dispositivo em análise. Podendo variar de 500 até 15000 V, o megômetro toma a tensão aplicada, realiza a leitura da corrente de fuga e, por fim, fornece valores de resistência de isolamento. Então, pode-se dizer que o megômetro mede valores elevados de resistências elétricas os quais o ohmímetro convencional não conseguiria medir. Ao contrário do multímetro com escala de ohmímetro que utiliza apenas uma pilha de 9 V, o megômetro produz uma alta tensão para vencer a grande resistência do componente (resistência de isolamento) e, então, determinar pela corrente produzida a resistência de isolamento medida.

A regra geral utilizada para se obter o nível mínimo desta isolamento seguiu a relação matemática explicitada a seguir:

$$R_{\text{isolação}} = 1\text{M}\Omega + \text{Tensão de operação (Volt)} \times 1\text{k}\Omega/\text{Volt} \quad (1)$$

Considerando que os cabos em análise eram alimentados em 480 V_{ca}, obteve-se que a resistência mínima era de **1,480 MΩ**. Portanto, durante os testes, foi verificada a resistência de isolamento entre fases e entre fases e neutro (terra) de forma que, através do megômetro, foram anotados os valores, em ohms (Ω), da resistência de isolamento.

A Figura 22 ilustra a montagem do teste em questão com tensão aplicada entre fases.

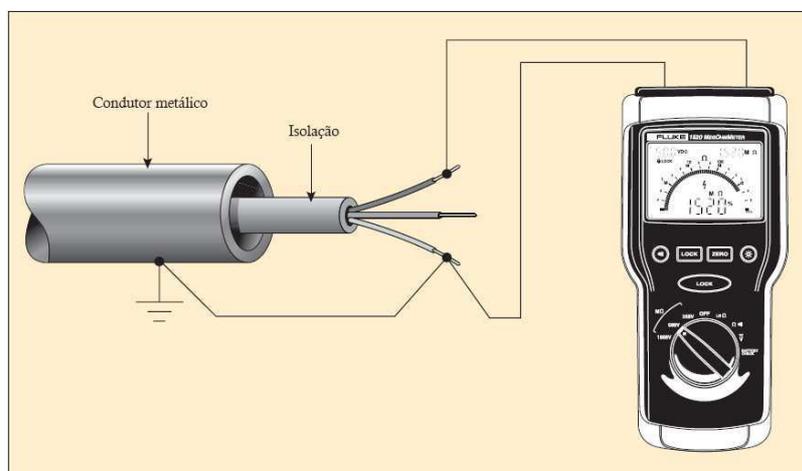


Figura 22 – Teste de Resistência de Isolação entre fases.

Uma grande preocupação ao longo destes testes foi referente à precisão dos equipamentos utilizados uma vez que foram detectados megômetros com certificados de calibração vencidos. Sendo assim, no intuito de obter valores condizentes com a condição real do isolamento dos condutores, foi solicitada a calibração ou troca do equipamento. Providenciado um novo megômetro, foram refeitos os testes já realizados e foi dada continuação às verificações dos demais cabos. As figuras a seguir mostram os selos de validade da calibração dos megômetros mencionados.



Figura 23 – Megômetro com calibração vencida.



Figura 24 – Megômetro com calibração normalizada.

Ao final dos testes de resistência de isolamento foram obtidos resultados satisfatórios conforme explicitado na Tabela 4 a seguir.

Tabela 4 – Testes de resistência de isolamento dos cabos elétricos.

Tipo de teste	Teste de resistência de isolamento.
Norma ABNT	NBR 7286
Equipamentos Utilizados	- Megômetro.
Cabos Verificados	- Alimentadores dos: TSA's; DAS's; DASR's; FTS; UOS; CAS; - Alimentadores de Motores elétricos em Geral;
Duração dos testes	2 meses.
Problemas verificados	- Nenhum problema foi verificado

2.2 Motores elétricos

O comissionamento dos motores elétricos de baixa tensão visou a verificação do sentido de giro, da ligação interna, do aterramento e dos disjuntores alimentadores dos mesmos.

2.2.1 Sentido de giro e ligação interna dos motores

Como se sabe, o sentido de giro dos motores elétricos tem influência direta no funcionamento dos processos em que estão envolvidos. No caso da UTE Muricy I, os sentidos de giro dos motores não podem apresentar erros, uma vez que fluxos de combustível, água, dejetos, entre outros fluidos dependem do correto sentido de giro assumido pelos rotores dos motores. Da teoria de sistemas elétricos, sabe-se que o sentido de giro de um motor elétrico depende da seqüência assumida pela alimentação das bobinas do estator do equipamento, ou seja, o giro de um motor elétrico alimentado com tensões na seqüência ABC é o contrário do sentido assumido por um motor sob seqüência CBA (Figura 25).

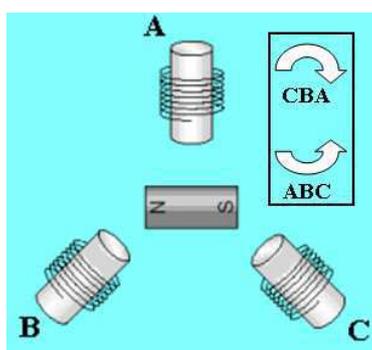


Figura 25 – Sentido de giro dos motores elétricos.

Esta diferença entre os giros é proveniente do sentido assumido pelo campo girante do estator. A sequência adotada influencia diretamente na ordem de energização das bobinas fixas e, conseqüentemente, no comportamento do rotor do motor em questão.

Outro fator considerado nos testes dos motores é a ligação interna dos mesmos. Muitos dos motores dão a opção de diferentes ligações internas e, conseqüentemente, os valores nominais de tensão e corrente nominais são modificados. A Figura 26 mostra uma placa de um dos motores da UTE Muricy I que informa as possíveis ligações para diferentes níveis de tensão.

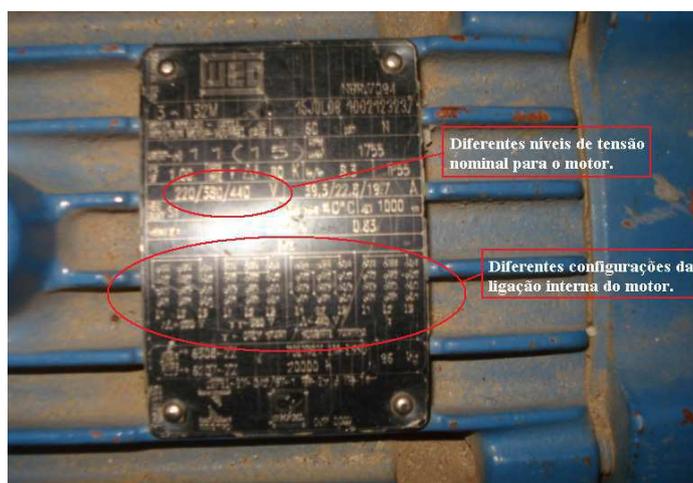


Figura 26 – Ligação interna dos motores.

Portanto, nesta etapa do comissionamento, foram testados todos os motores da UTE Muricy I (ver Figura 27) de forma que, na ocorrência de erros de sentido ou ligação interna, as correções eram imediatamente realizadas. As correções dos sentidos de giro foram feitas através da simples inversão entre duas fases, procedimento este que é suficiente para corrigir o problema.



Figura 27 – Testes de giro dos motores.

Sendo assim, os resultados obtidos são explicitados na Tabela 5.

Tabela 5 – Teste de giro dos motores elétricos.

Tipo de teste	Teste de sentido de giro dos motores elétricos
Equipamentos Utilizados	- Nenhum.
Procedimento	- Energizar o motor e verificar, visualmente, o sentido de giro do mesmo. - Verificar a ligação interna dos motores, adequando os mesmos para uma tensão aproximada de 480 V _{ca} .
Motores Verificados	- Motores interligados aos DAS's; - Radiadores dos DASR's; - Motores interligados aos FTS; - Motores interligados aos UOS; - Motores interligados aos CAS;
Duração dos testes	15 dias.
Problemas verificados	- Inversão de sentido de giro em radiadores nos DASR's 1,2 e 4; - Ligações internas erradas para tensão de 380V _{ca} em equipamentos interligados ao FTS.

2.2.2 Aterramento

Segundo as normas ABNT NBR 5410 e ABNT NBR 5419 que fixam as condições a que devem satisfazer as instalações elétricas em baixa tensão e estabelecem condições para proteção de equipamentos contra descargas atmosféricas, todas as estruturas metálicas e equipamentos devem ser aterradas. Desta forma, percebendo a necessidade da realização do aterramento tanto interno como das carcaças dos motores elétricos, foram listadas as pendências de aterramentos e em seguida solicitadas as correções. A Figura 28 mostra um dos motores que inicialmente não apresentava aterramento e, logo em seguida, foi adequado às normas mencionadas.



Figura 28 – Correção do aterramento dos motores.

2.2.3 Disjuntores alimentadores

A última etapa do comissionamento dos motores elétricos em baixa tensão visou a adequação dos disjuntores alimentadores dos motores elétricos instalados na UTE Muricy I. Ao longo da construção da usina, cargas foram modificadas fazendo necessária a troca dos respectivos disjuntores alimentadores uma vez que os valores nominais dos equipamentos também foram modificados. A partir deste problema, foi realizado um levantamento dos valores de placa de todos os equipamentos elétricos da usina e, em seguida, os valores nominais das cargas foram confrontados com os valores dos disjuntores instalados de forma que se tornou possível ter a noção exata dos que deveriam ser trocados. De fato, mesmo com a troca de alguns disjuntores, alguns desarmes foram verificados ao longo de testes envolvendo os motores elétricos. A corrente de pico na partida dos motores estava assumindo valores maiores do que os permitidos pelos disjuntores de forma que se fez necessário um novo levantamento dos disjuntores que apresentavam um valor de sobrecorrente admissível menor que 30% da corrente nominal da carga. Em geral esta “folga” de corrente é considerada devido ao comportamento transitório da corrente na partida de motores elétricos de maior porte. Então, de posse das listas mencionadas, foi solicitada a troca dos disjuntores inadequados. A Tabela 6 resume as atividades relacionadas à adequação dos disjuntores alimentadores.

Tabela 6 – Adequação dos disjuntores alimentadores.

Tipo de teste	Verificação dos valores nominais dos disjuntores alimentadores
Procedimento	- Comparar os valores nominais dos disjuntores com os valores nominais das respectivas cargas alimentadas.
Duração dos testes	15 dias.
Problemas verificados	- 50 disjuntores subdimensionados; - 10 disjuntores com sobrecorrente admissível abaixo de 30%.

2.3 Painéis elétricos CCM's e CDC

O comissionamento dos painéis elétricos teve como objetivo a verificação e adequação da instalação das gavetas, da sinalização e dos circuitos de comando dos painéis. Para tanto, foram verificados os contatos do contator de cada gaveta, foi avaliada a montagem da gaveta (alinhamento, limpeza, dispositivos de encaixe, portas) e, por fim, as cargas eram energizadas a partir do painel para verificar o funcionamento

do circuito de comando. A seguir, nas Figuras 29 e 30 são ilustrados alguns momentos do comissionamento dos painéis elétricos.



Figura 29 – Comissionamento de gavetas dos Painéis Elétricos.

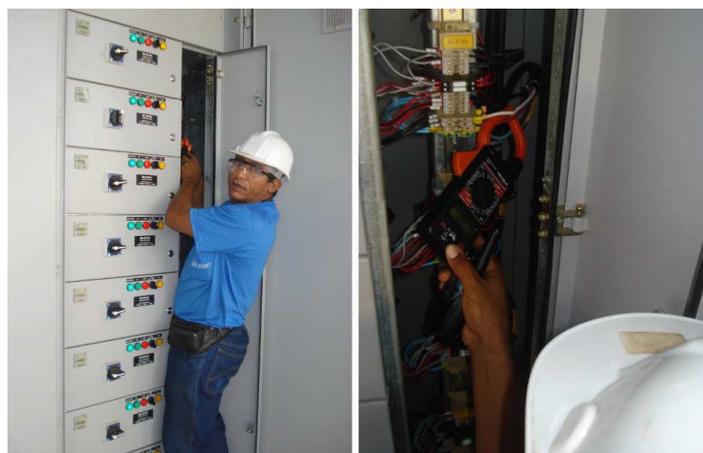


Figura 30 – Comissionamento dos Painéis Elétricos CCM's.

Terminados os testes, foram verificados alguns problemas em acionamentos de cargas (circuitos de comando), alguns problemas de sinalização (ligado/desligado) bem como de gavetas que apresentavam alinhamento danificado evitando o encaixe adequado da porta e dispositivos internos. Estes problemas, aos poucos foram corrigidos uma vez que demandavam maior tempo para manutenção. Sendo assim, de acordo com as prioridades estabelecidas pela empreiteira e pela fiscalização, os problemas eram corrigidos e, então, novos testes eram realizados no respectivo painel corrigido.

CAPÍTULO II

Comissionamento da UTE Muricy I em média tensão

1. Média Tensão

A Usina Termoelétrica de Muricy é constituída por 8 (oito) conjuntos motor-gerador sendo os motores fornecidos pela MAN Diesel (Figura 31) e os geradores pela ABB e INDAR. Os motores utilizam óleo combustível pesado, também conhecidos como *HFO – Heavy Fuel Oil*. Tratam-se de motores a 4 (quatro) tempos e estão classificados dentre os maiores motores do mundo, ficando para atrás apenas do motores a 2 tempos, também da MAN.



Figura 31 – Vista superior do motor MAN Diesel.



Figura 32 – Vista lateral do motor MAN Diesel.

Em uma das extremidades do motor é encontrado um mecanismo para acoplamento do eixo do motor com o eixo do rotor do gerador. Sendo assim, ao girar, o rotor do gerador com suas bobinas de excitação energizadas, induz tensões nos terminais da armadura do gerador. A seguir, a Figura 33 que evidencia tal mecanismo.

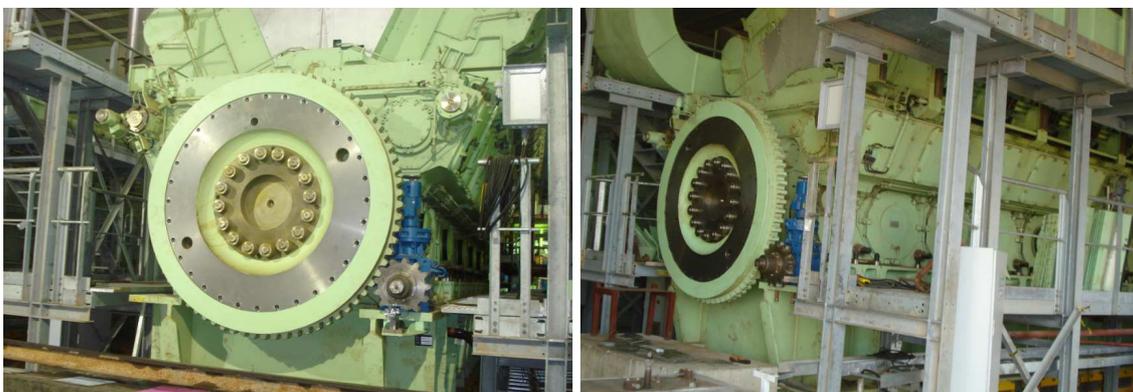


Figura 33 – Mecanismo para acoplamento do eixo do motor MAN Diesel.

A partida destes motores é iniciada pelo sistema de ar comprimido tendo na seqüência, como combustível, o óleo diesel. Apenas depois de atingir uma determinada temperatura o motor passa a receber como combustível o óleo pesado HFO. Este procedimento de partida é necessário devido às características do óleo pesado que em temperaturas menores se solidifica rapidamente podendo causar entupimento de dutos e conseqüentemente danos aos motores caso a temperatura não seja controlada.

Desta forma, considerando a existência de 2 (dois) barramentos de tensão nominal 13,8 kV em que cada um deles recebe o fluxo de potência proveniente da geração de grupos de 4 (quatro) geradores, é presumível a utilização painéis de 13,8 kV. De fato, são verificados 2 painéis elétricos neste nível de tensão em que estão instalados os referidos barramentos que, por sua vez, encontram-se interligados aos enrolamentos dos respectivos transformadores elevadores conforme mencionado anteriormente. A partir dos mesmos painéis de 13,8 kV, os serviços auxiliares são alimentados através de transformadores auxiliares com primários conectados nos barramentos 1 e 2 de 13,8 kV (TSA1 no barramento 1 e o TSA2 no barramento 2).

Por fim, vale salientar que além dos barramentos referenciados, encontram-se instalados nos dois painéis os disjuntores responsáveis pela alimentação e proteção das cargas conectadas aos barramentos de 13,8 kV.

1.1 Geradores ABB e INDAR

Os geradores instalados na usina termelétrica Camaçari Muricy I são acionados por motores a óleo combustível, cada um deles com potência nominal de 23,125 MVA, fator de potência 0,8, tensão nominal de 13,8 kV e excitação por meio de ponte rotativa de diodos com retificação por coletor sem escovas (“brush-less”). A ligação dos geradores é em “Y” com neutro aterrado por meio de resistências de aterramento.

Diante dos valores nominais de tensão e potência referenciados, cada gerador destes possui uma corrente de saída na armadura de aproximadamente 968 A. A corrente de curto-circuito tem valor de pico de aproximadamente 12200 A para cada gerador. Desta forma, como cada barramento de 13,8 kV possui interligados 4 (quatro) geradores, é considerada uma corrente nominal e valor de pico da corrente de curto-circuito de aproximadamente 3872 A ($4 \times 968 \text{ A}$) e 48,8 kA ($4 \times 12200 \text{ A}$), respectivamente, para cada barramento. Sendo assim, foram instalados disjuntores de interligação dos barramentos com os transformadores elevadores com valores de corrente nominal de 4000 A admitindo um valor de pico da corrente de curto-circuito de 50 kA. Na Tabela 7 são apresentadas as características dos geradores.

Tabela 7 – Características dos Geradores.

Tensão máxima	kV	14,45
Tensão nominal	kV	13,8
Corrente nominal	A	968
Reatância transitória ($X'd$)	%	36,2
Reatância sub-transitória ($X''d$)	%	75 (crista)
Frequência nominal	Hz	60



Figura 34 – Geradores ABB e INDAR.



Figura 35 – Resistência de Aterramento.

1.2 Painéis EATON 13,8 kV

Os painéis foram fabricados pela EATON e possuem relés AREVA e disjuntores CUTLER-HUMMER conforme poderá ser verificado nas descrições a seguir. É através destes painéis que é realizada a interligação dos geradores aos barramentos de 13,8 kV bem como do barramento com os enrolamentos primários dos transformadores elevadores e transformadores auxiliares. Pode ser verificado em cada um dos painéis 6 cubículos (Figura 36) em que em um dos cubículos é encontrado o disjuntor de saída do barramento para o transformador elevador da subestação, nos quatro cubículos seguintes estão instalados os disjuntores de interligação dos geradores aos respectivos barramentos de 13,8 kV e, num último cubículo, são verificados o disjuntores alimentadores do correspondente transformador auxiliar.



Figura 36 – Painéis EATON 13,8 kV.

1.2.1 Disjuntores

Os oito 8 (oito) disjuntores utilizados na interligação dos Geradores com os barramentos de 13,8 kV são adequados para operação de máquinas geradoras. Tratam-se de disjuntores extraíveis, tripolares, com mecanismo de operação elétrica do tipo energia armazenada (utilização de molas), abertura elétrica - mecanicamente livre (ver Figuras 37 e 38).



Figura 37 – Disjuntor Cutler-Hummer.



Figura 38 – Disjuntor instalado no Painel 13,8 kV.

Em todos os disjuntores deste painel, são verificados dispositivos mecânicos para abertura e para carregamento manual do mecanismo de operação (mola) além de apresentar indicadores de posição (aberto ou fechado) e contador de operação o qual indica o número de vezes que o disjuntor atuou. Cada disjuntor se encontra montado num cubículo independente com porta frontal. O compartimento do disjuntor tem um mecanismo para movimentar o disjuntor entre as posições de operação e desacoplado.

Este mecanismo consiste num eixo que, acoplado numa chave rotativa, permite a extração e inserção do disjuntor de modo que o mesmo permanece auto-alinhado e mantido firme na posição de operação sem necessidade de barras de fixação ou parafusos (ver Figuras 39 e 40).



Figura 39 – Procedimento para carregamento de mola.



Figura 40 – Chave rotativa operando o disjuntor.

Para garantir uma operação segura, os disjuntores possuem diversos intertravamentos mecânicos os quais evitam a operação inadequada do equipamento em várias situações. Vale lembrar que os circuitos de comando utilizam alimentação com tensão contínua de 125 V_{cc} nominal. Desta forma, para possibilitar um funcionamento confiável destes mecanismos, os circuitos de abertura e fechamento são independentes com as proteções adequadas para cada caso.

Em resumo, existem 3 (três) tipos de disjuntores em cada um dos painéis: os disjuntores de máquina que interligam os geradores aos barramentos 13,8 kV; os disjuntores de saída que interligam os barramentos com os transformadores elevadores e, por fim, os disjuntores para transformadores de serviços auxiliares que interligam os

barramentos de 13,8 kV ao transformador auxiliar. As especificações dos disjuntores instalados nos painéis EATON podem ser verificadas na Tabela 8:

Tabela 8 – Especificações dos disjuntores do painel EATON.

Equipamento Associado	Níveis de Corrente (A)	Especificações – Disjuntor (A)
TSA's	$I_{\text{nominal}} = 700\text{A}$	$I_{\text{nominal}} = 1200\text{A}$
	$I_{\text{curto-circuito}} = 11500\text{A}$	$I_{\text{curto-circuito}} = 50\text{kA}$
Geradores	$I_{\text{nominal}} = 968\text{A}$	$I_{\text{nominal}} = 1200\text{A}$
	$I_{\text{curto-circuito}} = 12200\text{A}$	$I_{\text{curto-circuito}} = 50\text{kA}$
Barramentos	$I_{\text{nominal}} = 3872\text{A}$	$I_{\text{nominal}} = 4000\text{A}$
	$I_{\text{curto-circuito}} = 48800\text{A}$	$I_{\text{curto-circuito}} = 50\text{kA}$

No tópico que referencia o comissionamento em média tensão, serão mencionados os procedimentos realizados para averiguação da conformidade dos disjuntores descritos.

1.2.2 Transformadores de Potencial – TP's

Os transformadores de potencial instalados nos painéis EATON são secos, extraíveis, encapsulados em epóxi, tensão secundária de 115 V_{ca} e protegidos no primário por fusíveis limitadores de corrente. A classe de exatidão e outros dados mais específicos são apresentados na Tabela 9.

Tabela 9 – Transformadores de Potencial – TP's.

Tipo	Unid.	Valores
Relação nominal	-	120:1
Tensão superior-frequência industrial	kV	36
Tensão superior de Impulso	kV	95 (crista)
Número de enrolamentos secundários	-	3 (três)
Classe exatidão e carga		0,3P50
Ligação primária		estrela
Ligação secundária		estrela aterrado
Tensão nominal	kV	$13,8/\sqrt{3}$

Conforme pode ser verificado no diagrama geral no ANEXO B, são verificados 2 (dois) enrolamentos nos secundários dos TP's de forma que um deles é destinado para medição de faturamento da geração bruta.

1.2.3 Transformadores de Corrente – TC's

Os transformadores de corrente instalados nos painéis EATON são secos, encapsulados em epóxi, tendo uma corrente secundária de 5 ampères. A classe de exatidão e outras informações mais específicas podem ser verificadas na Tabela 10.

Tabela 10 – Transformadores de Corrente – TC's.

Tipo	Unid.	Valores
Tensão superior-frequência industrial.	kV	36
Tensão superior de Impulso	kV	95 (crista)
Classe exatidão e carga:	-	-
- Medição		0,3C50
- Relés		10B400
Corrente secundária	A	5

Nos quatro 4 (quatro) compartimentos dos disjuntores dos geradores, um dos secundários se destina a medição de faturamento da geração bruta.

1.2.4 Pára-Raios

Os pára-raios instalados têm função proteger o transformador elevador de sobretensões originadas no lado da geração. Sendo assim, estes equipamentos se encontram instalados somente no compartimento de saída para o transformador elevador. Na Tabela 11 são apresentados os dados do referido pára-raios.

Tabela 11 – Pára-raios.

Tipo	Unid.	Valores
Tipo		Estação
Tensão máxima	kV	15
Tensão nominal da instalação	kV	13,8
Corrente de descarga	kA	20

1.2.5 Barramentos

Os 2 (dois) barramentos 13,8 kV são trifásicos, de cobre eletrolítico e com superfícies de contato de todas as uniões e derivações revestidas de prata. Os barramentos são adequados à corrente nominal em regime contínuo e encontram-se montados sobre suportes de material isolante com propriedades dielétricas adequadas e resistentes aos efeitos térmicos e mecânicos produzidos pelas correntes de curto-circuito especificadas em projeto.

A seqüência de fases do barramento, quando visto de frente da estrutura é ABC e as fases são identificadas por cores: fase A - azul escuro, fase B – branco e fase C – vermelho.

Além dos barramentos das fases, existe instalada uma barra de terra de cobre eletrolítico que se encontra fixada solidamente ao longo de toda a estrutura do painel e interligada à malha de terra por meio da conexão de cabos de aterramento de 70 mm² localizados em ambas as extremidades da barra. Dimensionado para suportar a corrente de curto-circuito especificada por um período de 2 segundos, é pelo barramento terra que escoam as correntes de seqüência zero verificadas ao longo de curto-circuitos.

1.2.6 Relés e sistema de proteção

Encontram-se instalados nos painéis EATON relés apropriados para proteção dos equipamentos nele interligados, ou seja, geradores e transformadores. Os relés utilizados foram fornecidos pela AREVA e são o relé MiCOM P343 para proteção de geradores e o relé MiCOM P132 para proteção de transformadores (transformadores elevadores e transformadores auxiliares). A seguir, a descrição mais detalhada de cada um destes relés.

1.2.6.1 Relé AREVA MiCOM P343 – Proteção de Geradores

Conforme mencionado, o relé AREVA MiCOM P343 (Figura 41) é destinado à proteção de geradores e proporciona uma integração flexível e confiável de funções de proteção, controle, monitoramento e medição. Possuidor de um número variado de entradas ópticas e contatos de saída disponíveis, o P343 permite a criação de esquemas complexos de proteção, usando o "Esquema Lógico Programável" (PSL) do relé que, apesar de ser considerada uma poderosa ferramenta, é de fácil utilização segundo os programadores dos relés. O relé suporta padrões industriais permitindo uma integração mais fácil nos sistemas de controle, sejam eles novos ou já existentes.



Figura 41 – Relé MiCOM P343 (AREVA) para proteção de geradores.

O relé MICOM P343 atende às necessidades da usina Muricy I uma vez que é aplicável para proteção de geradores de maior potência, fornecendo proteção diferencial do gerador e proteção de falta à terra trifásica do estator.

1.2.6.2 Relé AREVA MiCOM P132 – Proteção de Transformadores

O relé AREVA MiCOM P132 (Figura 42) é destinado à proteção de transformadores. Trata-se de uma unidade que possui funções que possibilitam a proteção do equipamento contra curto-circuito, sobrecargas em sistemas de média e alta tensão. Este relé permite a configuração do sistema como solidamente aterrado, de baixa impedância de aterramento, ressonante-aterrada ou isolada-neutro. A multiplicidade de funções de proteção incorporada à unidade permite que o usuário tenha grande flexibilidade para aplicações no domínio da proteção dos transformadores.



Figura 42 – Relé MiCOM P132 (AREVA) para proteção de transformadores.

O MICOM P132 oferece um extenso número de funções que pode selecionar individualmente para inclusão na configuração da unidade ou cancelá-los como desejar. Por meio de um rápido procedimento de configuração, o usuário pode adaptar o dispositivo às necessidades da instalação a ser protegida.

Na usina Térmica Muricy I foram utilizados relés AREVA MiCOM P132 para proteção dos transformadores auxiliares e dos transformadores elevadores em que o relé verifica os valores de tensão e corrente no primário dos mesmos possibilitando a proteção necessária para os equipamentos interligados.

1.3 Painel SMP – *Speed Metering Panel*

Para inserir a Usina Muricy I na rede básica é preciso inicialmente energizar os barramentos de média tensão para possibilitar a sincronização dos geradores no intuito de evitar distúrbios à rede básica. Tais impactos podem provocar desligamentos indesejáveis e, conseqüentemente, prejuízos e multas não esperadas.

Desta forma, existem dispositivos que possibilitam a sincronização mencionada. Para tanto, é tomando o sinal do barramento de 13,8 kV e o gerador é posto em operação com o disjuntor de interligação ao barramento aberto. Então, no momento do sincronismo, é realizado o fechamento do disjuntor e, conseqüentemente, a interligação da usina à rede básica. Este procedimento é realizado por meio de equipamentos instalados no painel SMP (Figura 43) cuja função é fornecer dados da geração (potência ativa, potência reativa, potência aparente, fator de potência, tensão e corrente) bem como possibilitar a sincronização da geração da usina com a rede básica e o fechamento correto dos disjuntores de interligação.



Figura 43 – Painel SMP.

2. Comissionamento em Média Tensão

O comissionamento da parte de média tensão da usina termelétrica Muricy I consistiu na verificação e correção dos problemas existentes nos conjuntos motor-gerador, nos painéis EATON e no painel SMP. A seguir, são listadas as atividades realizadas, na parte elétrica, durante o comissionamento realizado.

2.1 Conjuntos Motor-Gerador

Considerando que o comissionamento dos equipamentos periféricos dos conjuntos motor-gerador foi realizado ao longo dos testes em baixa tensão (equipamentos com alimentação em 480 V_{ca}), pode-se dizer que a atividade diretamente relacionada com os conjuntos consistiu na avaliação dos seus respectivos aterramentos.

Na avaliação do aterramento, tomou-se como ponto de partida as normas NBR 5410 e NBR 5419 as quais estabelecem que todo equipamento e estrutura metálica deve ser interligado à malha de terra geral. Desta forma, foram verificados os pontos de aterramento existentes e providenciados os pontos faltosos. Nas Figuras 44 e 45 são mostradas situações que evidenciam o aterramento dos conjuntos motor-gerador antes e depois da avaliação realizada.



Figura 44 – Aterramento não efetuado do gerador 7.



Figura 45 – Aterramento efetuado no gerador 7.

Já ao longo da análise das condições dos rotores dos geradores, foi considerada inicialmente a possibilidade de oxidação da região interna dos geradores. Considerando que os geradores foram os primeiros equipamentos a chegarem na UTE Muricy I, a avaliação detectou uma vasta oxidação nos rotores dos geradores da marca INDAR. Esta oxidação foi considerada “perigosa” pela possibilidade da ocorrência de uma nuvem de ferrugem durante o giro dos rotores e conseqüentemente o alastramento da oxidação por toda parte interna do gerador. Sendo assim, a equipe da empresa INDAR, localizada na Espanha, providenciou a retirada dos geradores (Figura 46) da Muricy I e, durante aproximadamente 20 dias, foi realizada a manutenção dos rotores.



Figura 46 – Retirada dos geradores INDAR para manutenção.

Na Figura 47 são mostradas fotos retiradas durante a manutenção dos rotores em que foi aproveitada apenas uma das extremidades do eixo do mesmo. Os reparos foram

feitos externamente e então novamente encaixada a “cabeça” do rotor que havia sido retirada.



Figura 47 – Manutenção nos rotores.

Nas Figuras 48 e 49 são mostradas a situação dos rotores antes e depois das correções.



Figura 48 – Antes das Correções.



Figura 49 – Depois das correções.

Terminados os procedimentos para recuperação dos rotores, os mesmos foram encaminhados de volta à UTE Muricy I.



Figura 50 – Chegada dos geradores após manutenção.

2.2 Testes nos Painéis EATON 13,8 kV

O comissionamento dos Painéis EATON se resumiu em testar os disjuntores, os cabos de média tensão e os relés nele instalados. Nos testes dos disjuntores foram verificados os seus intertravamentos e dispositivos de comando. Em relação aos cabos elétricos de média tensão, foi realizado o teste isolamento dos cabos e, por fim, foram testados os relés isoladamente bem como a comunicação destes com o painel SMP, possibilitando o batimento correto dos disjuntores após a sincronização dos geradores com a rede básica.

2.2.1 Cabos Elétricos

Os testes de isolamento dos cabos elétricos de força em média tensão são semelhantes aos testes realizados com os cabos em baixa tensão, porém, são realizados sob níveis de tensão bem maiores de forma que torna-se necessária a utilização de um equipamento diferente do megômetro – o *High Potencial*, ou simplesmente HiPot.

O HiPot (Figura 51) nada mais é do que uma fonte de tensão contínua que possibilita a leitura de correntes de fuga entre cabos isolados. Percebe-se que a maior diferença entre o HiPot e o Megômetro é que o primeiro fornece leituras de correntes de fuga e o segundo fornece o valor da resistência de isolamento entre as partes submetidas à tensão. A norma utilizada nos testes de HiPot foi a ABNT NBR 7286 e a IEC 60502-2 que estabelecem níveis de tensão e tempo de aplicação da mesma sobre os condutores em análise.



Figura 51 – Teste de HiPot.

Para os cabos de 13,8 kV foi aplicada uma tensão contínua de aproximadamente 40 kV_{cc} e, portanto, foi necessário muito cuidado ao longo dos testes, afinal, tal nível de tensão pode por em risco pessoas próximas ao local dos testes.

Ao longo do comissionamento, o isolamento de alguns cabos apresentou problemas e permitiu altos níveis de corrente de fuga a ponto de danificar o cabo em teste. Na Figura 52 são mostradas algumas muflas danificadas devido à alta corrente de fuga.



Figura 52 – Muflas danificadas do cabo 13,8 kV reprovado no teste de isolamento.

Em resumo, foram verificados os problemas mostrados na Tabela 12:

Tabela 12 – Testes de isolamento dos cabos elétricos 13,8 kV.

Teste	Testes de isolamento dos cabos elétricos
Equipamentos testados	Cabos elétricos 13,8 kV (Painel EATON)
Problemas detectados	- 4 (quatro) cabos apresentaram problemas na isolamento.

Ao término dos testes, as muflas danificadas foram refeitas e os cabos novamente testados.

2.2.2 Disjuntores

Os testes nos disjuntores instalados nos painéis EATON visaram a verificação da conformidade dos seus intertravamentos e comandos em modo local ou remoto. Dentre os intertravamentos testados, podem ser citados os seguintes:

- 1) Impedir a movimentação do elemento extraível (disjuntor) de ou para a posição de operação, com o disjuntor fechado;

- 2) Impedir o fechamento do disjuntor, a não ser que os contatos principais estejam inteiramente engatados ou totalmente separados por uma distância segura;
- 3) Impedir a remoção do disjuntor com o mecanismo de energia armazenada carregado (mola carregada);
- 4) Apenas acionar chave de aterramento intertravada mecanicamente com os disjuntores na posição extraído;

Desta forma, todos os intertravamentos foram testados. Na Figura 53 é mostrado o teste de intertravamento dos disjuntores testados.



Figura 53 – Teste dos intertravamentos dos disjuntores do Painel EATON.

Já os testes dos circuitos de comando dos disjuntores foram realizados com auxílio de diagramas fornecidos pelos projetistas. As conexões do circuito foram verificadas ponto-a-ponto possibilitando a avaliação de todos os comandos em modo local ou remoto.

Em resumo, foram detectados problemas mecânicos nos disjuntores bem como pequeno erros de ligação nos circuitos de comando. Os problemas listados são mostrados na Tabela 13.

Tabela 13 – Testes nos disjuntores 13,8 kV (Painel EATON).

Teste	Testes de intertravamentos e comandos
Equipamentos testados	Disjuntores 13,8 kV (Painel EATON)
Problemas detectados	- 1 (um) disjuntor com problemas no carregamento da mola; - 2 (dois) disjuntores com problemas no mecanismo de carregamento manual; - Problemas diversos nos circuitos de comando dos disjuntores.

Sendo assim, em posse das pendências encontradas, foram realizadas as devidas correções e, em seguida, foram novamente avaliados os comandos e intertravamentos que apresentavam problemas.

Na Figura 54 é mostrada uma foto tirada durante o comissionamento dos circuitos de comando.



Figura 54 – Testes dos circuitos de comando do Painel EATON 13,8 kV.

2.3 Testes no Painel SMP – *Speed Metering Panel*

Os testes acompanhados no painel SMP foram referentes à medição de potências ativa e reativa, fator de potência, frequência, tensão e corrente no barramento de 13,8 kV. Para tanto, foi utilizada uma maleta multiteste (Figura 55) a qual possibilitava a injeção de correntes e aplicação de tensão nos barramentos de 13,8 kV tornando viável a verificação das medições nos displays do painel em análise.

Ao longo dos testes, as medições das grandezas referenciadas foram verificadas na parte frontal do painel SMP possibilitando a avaliação das leituras mostradas (Figura

56). Em seguida, foi verificada a conformidade dos valores apresentados no painel SMP com os valores indicados no sistema do supervisor (Figura 57).

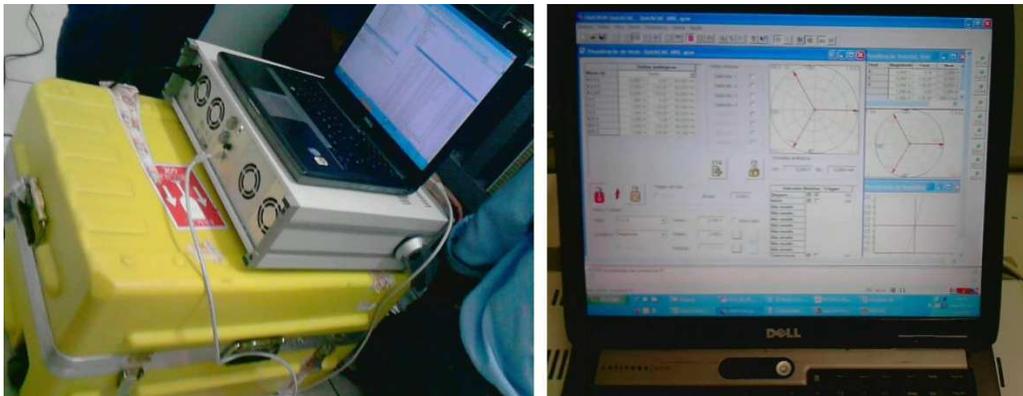


Figura 55 – Maleta multiteste.



Figura 56 – Comissionamento dos painéis SMP.



Figura 57 – Comparação entre medições nos displays e no supervisor.

Por fim, foi realizado um teste em conjunto dos painéis EATON e SMP. Neste teste foi aplicada uma tensão nos barramentos de 13,8 kV com frequência fixa. Em seguida foi aplicado um outro sinal de tensão de frequência variante nos TP's de entrada dos disjuntores dos geradores do painel EATON. Desta forma, o painel SMP realizava a comparação das frequências dos dois sinais de forma que, no instante em que as duas coincidiam, era enviado o sinal de fechamento do respectivo disjuntor. Este procedimento, conforme já mencionado, é conhecido como sincronização dos geradores com a rede básica (Figura 58) e ocorre no instante de interligação da usina ao SIN (Sistema Interligado Nacional).



Figura 58 – Sincronização dos geradores com a rede básica.

Além do teste de sincronização, foram verificados ao longo desta etapa do comissionamento os status de aberto/fechado, sinais de trip (atuação da proteção) e diversos alarmes a partir da comunicação dos relés com o supervisor.

CAPÍTULO III

Comissionamento da UTE Muricy I em alta tensão

1. Alta Tensão

Conforme mencionado nas descrições anteriores, cada conjunto de 4 (quatro) geradores da usina Muricy I tem o seu nível de tensão elevado para 230 kV por intermédio de um transformador-elevador de 80/95 MVA o qual possui seu secundário interligado ao barramento da subestação de 230 kV da UTE Muricy I.

Tratando-se de uma subestação elevadora, é utilizada uma barra principal normalmente em operação e uma barra de transferência. Em casos de necessidade de manutenção em um dos disjuntores, o barramento de transferência é energizado e, portanto, o disjuntor de interligação de barras substitui o disjuntor retirado temporariamente.

Na subestação, em cada vão de 230 kV, encontram-se instaladas 3 (três) chaves seccionadoras motorizadas, sendo 2 (duas) isoladoras do disjuntor e 1(uma) para transferência de barras, também chamada de *By-Pass*. Já no vão do disjuntor de interligação de barras são verificados apenas 2 (duas) chaves isoladoras.

Portanto, diante da necessidade de uma operação segura e confiável da subestação 230 kV da UTE Muricy I, foram realizados testes para verificação do funcionamento e condições dos disjuntores, das chaves seccionadoras, transformadores, cabos elétricos, TP's, TC's e pára-raios. No tópico seguinte deste capítulo, serão detalhadas as atividades acompanhadas durante o estágio para verificação e correção dos problemas dos dispositivos e equipamentos da subestação.

1.1 Subestação 230 kV

1.1.1 Transformador Elevador

Com potência nominal de 80/95 MVA, os transformadores elevadores da UTE Muricy I possuem enrolamento secundário interligado ao barramento da subestação de 230 kV da subestação da referida usina. A alimentação do enrolamento primário é proveniente dos barramentos de 13,8 kV instalados nos painéis EATON. Tratam-se de transformadores de fabricação WEG, ligados em 13,8 kV Δ - 230 kV Y aterrado, tendo o óleo mineral como meio isolante. Cada transformador elevador possui 7 (sete) TC's

em suas buchas em que 6 (seis) desses são destinados à proteção do transformador (classe 10B100) e 1 (um) destinado à medição (classe 3C25). A seguir, uma figura que mostra um dos transformadores elevadores da UTE Muricy I.



Figura 59 – Transformador elevador WEG.

1.1.2 Disjuntores

Os disjuntores da subestação (Figura 60) são tripolares para uso externo e com meio extintor do arco do tipo gás SF₆ (hexafluoreto de enxofre). Os disjuntores possuem pressão única e disponibiliza abertura livre (trip-free), tanto elétrica quanto mecânica e câmaras de extinção ao nível do barramento. O disjuntor é apropriado para operação em 230 kV, corrente nominal de 2000 A e suporta uma corrente de interrupção simétrica de 31,5 kA.



Figura 60 – Disjuntor a gás SF₆ da subestação 230 kV.

1.1.3 Chaves seccionadoras

As chaves seccionadoras instaladas na subestação da UTE Muricy I são tripolares, com mecanismo de acionamento motorizado de ação simultânea nos três pólos e um sistema de acionamento manual de emergência, tanto para as lâminas principais quanto para as lâminas de terra. Basicamente são encontrados 3 (três) tipos de chaves seccionadoras ao longo da subestação 230 kV de Muricy I. Encontra-se instalada na saída para linha 1 (uma) chave seccionadora com lâmina de aterramento, 230 kV, 2000 A, corrente de interrupção simétrica 31,5 kA e abertura vertical. No *By-Pass* dos disjuntores são utilizadas 3 (três) seccionadoras sem lâmina de aterramento, 230 kV, 2000 A, corrente de interrupção simétrica 31,5 kA e com abertura horizontal. As demais seccionadoras encontradas antes e depois dos disjuntores somam em 7 (sete) conjuntos de chaves sem lâmina de aterramento, 230 kV, 2000 A, corrente de interrupção simétrica 31,5 kA com abertura vertical.

A alimentação dos circuitos de comando, controle e proteção é de 125 V_{cc} (com a faixa de tensão de 90 a 140 V_{cc}) proveniente dos quadros de serviços auxiliares correspondentes. Os motores das seccionadoras têm tensão nominal de 480 V_{ca}, com tolerância de $\pm 10\%$, proveniente de sistema trifásico a 3 (três) fios. Já para a alimentação dos resistores de aquecimento e iluminação, é disponibilizada uma tensão de 220 V_{ca} com tolerância de $\pm 10\%$.

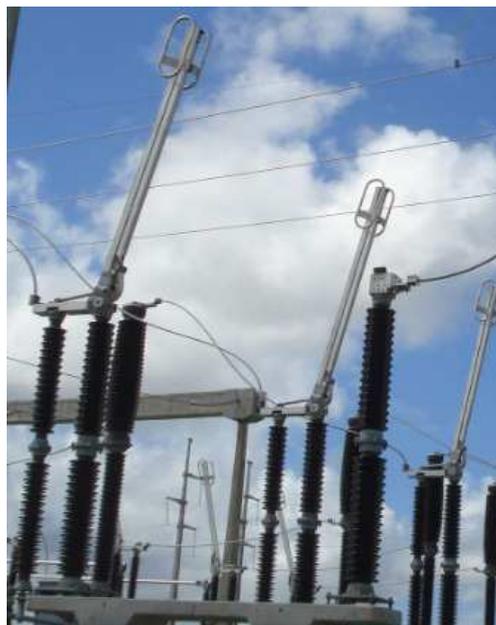


Figura 61 – Seccionadora c/ lâmina de terra Figura 62 – Seccionadora s/ lâmina de terra



Figura 63 – Seccionadora aérea.

1.1.4 TC's

Os TC's instalados na subestação elevadora da UTE Muricy I são de múltiplas relações, com derivações no secundário para instalação externa, com no mínimo quatro núcleos, sendo 03 (três) enrolamentos secundários de proteção (exatidão e carga nominais 10B400) e 01 (um) enrolamento secundário de medição (exatidão e carga nominais 0,3C50). Os TC's têm tensão nominal de 230 kV, corrente de curto-circuito $I_{cc} = 31,5$ kA e possuem uma relação de transformação de 600 A – 5 A. Destinados a serviços de medição e proteção, os TC's são adequados para instalação externa. Montados verticalmente, são monofásicos e imersos em óleo isolante do tipo naftênico. Projetados para a frequência de 60 Hz, os TC's são completos com todos os acessórios, tais como: terminais de alta tensão, conectores de aterramento e de linha, dispositivos de içamento, parafusos para fixação do TC à estrutura suporte, indicador de nível de óleo e válvulas para drenagem e enchimento. Na Figura 64 são mostrados os TC's descritos.



Figura 64 – Transformador de Corrente da subestação 230 kV.

1.1.5 TP's

Os transformadores de potencial são destinados a serviços de proteção, verificação de sincronismo e medição operacional do sistema de 230 kV. Os TP's que se encontram instalados na subestação da UTE Muricy I são monofásicos, próprios para uso externo e completos com todos os acessórios como: terminais de alta tensão, conector de aterramento e de linha, dispositivos de içamento, parafusos para fixação do TP à estrutura suporte, indicador de nível de óleo, válvulas para drenagem e enchimento. A relação de transformação do referido transformador de potencial é de $230.000/\sqrt{3} \text{ V} - 115/\sqrt{3} \text{ V}$. Os TP's possuem 02 (dois) enrolamentos secundários cuja exatidão e carga nominais são apropriadas para medição (ABNT 0,3P50). Ao todo, são verificados instalados na subestação 9 (nove) TP's, sendo 3 (três) na saída da linha de transmissão, 2 (dois) em cada ligação com o transformador elevador e mais 2 (dois) TP's interligados com o barramento principal. A Figura 65 mostra um dos TP's instalados na subestação.



Figura 65 – Transformador de Potencial da subestação 230 kV.

1.1.6 Pára-raios

Os pára-raios instalados na subestação da UTE Muricy I têm máxima tensão contínua de operação (MCOV) de 154 kV, tensão nominal 192 kV e capacidade mínima de absorção de energia de 8 kJ/kV de tensão nominal. São instalados em coluna simples e possuem corrente nominal de descarga 20 kA.

Ao todo, são 9 (nove) os pára-raios instalados na subestação 230 kV da UTE Muricy I. Do tipo estação, os pára-raios são adequados para instalação externa, montados verticalmente e não possuem centelhadores em série nem em paralelo. São auto-sustentáveis, do tipo unipolar, para ligação fase-terra sendo basicamente compostos de uma ou mais colunas de resistores de óxido metálico. Estes pára-raios apresentam curva *corrente x tensão* com característica não-linear e encontram-se instalados numa base de montagem em aço estrutural ou alumínio sobre isoladores de base para permitir a conexão de contadores de descarga e miliamperímetros.



Figura 66 – Pára-raios da subestação 230 kV.

2. Comissionamento Alta Tensão

O comissionamento acompanhado na parte de alta tensão (Figura 67) se resumiu a testes dos relés, disjuntores, chaves seccionadoras e correção de problemas de montagem da subestação visando adequá-la às normas vigentes no Brasil. Sendo assim, nos tópicos seguintes serão descritos os procedimentos e testes realizados na parte de alta tensão que objetivaram a verificação da conformidade dos equipamentos bem como a adequação da montagem e da configuração da subestação de 230 kV da usina termoelétrica Muricy I.



Figura 67 – Comissionamento da Subestação 230 kV.

2.1 Disjuntores

Os testes dos disjuntores (Figura 68) visaram inicialmente a verificação da pressão gás SF₆ (meio extintor do arco elétrico) na câmara de extinção do arco. Cada disjuntor apresenta alarmes em dois estágios de pressão que indicam a ocorrência de vazamento do gás utilizado no disjuntor. Sendo assim, os disjuntores foram preenchidos de forma que, ao atingir os valores de alarme, eram calibrados os manômetros (Figura 69) instalados no equipamento afim de que os mesmos fornecessem os dados mais precisos possíveis.



Figura 68 – Preenchimento dos disjuntores com gás SF₆.



Figura 69 – Verificação dos manômetros dos disjuntores.

Terminada esta primeira etapa, foram realizadas a oscilografia (Figura 70) e o teste de resistência de contatos. A oscilografia é um teste realizado a fim de verificar os tempos de resposta do disjuntor, ou seja, os tempos de abertura e fechamento diante de comandos externos ou internos à subestação. Desta forma, é possível fazer com que as três fases abram ou fechem em instantes mais próximos possíveis quando for solicitada a abertura ou fechamento. O equipamento utilizado é o **Oscilógrafo** o qual possui uma impressora interna que gera relatórios das manobras durante as verificações.

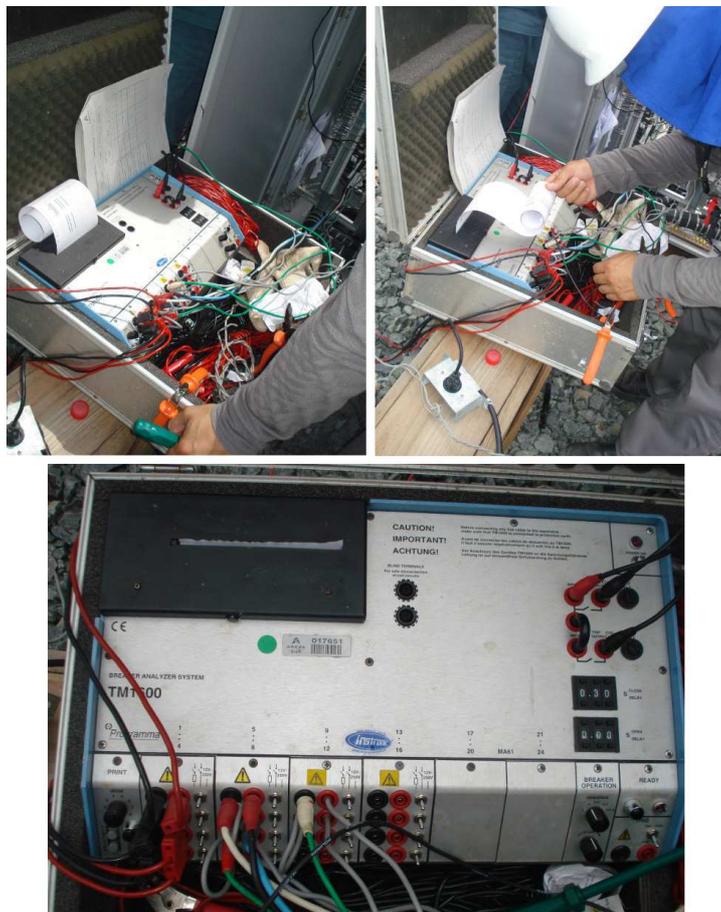


Figura 70 – Realização da oscilografia.

Por fim, foi realizado o teste de resistência de contatos (Figura 71). Considerando que a resistência entre os contatos do disjuntor deve ser a mínima possível (na casa de microohms), no teste de resistência de contatos é injetada uma corrente conhecida e verificada a tensão nos terminais do disjuntor. Desta forma, é calculada a resistência dos contatos do equipamento a qual deve estar dentro de faixas de valores estabelecidas em norma.

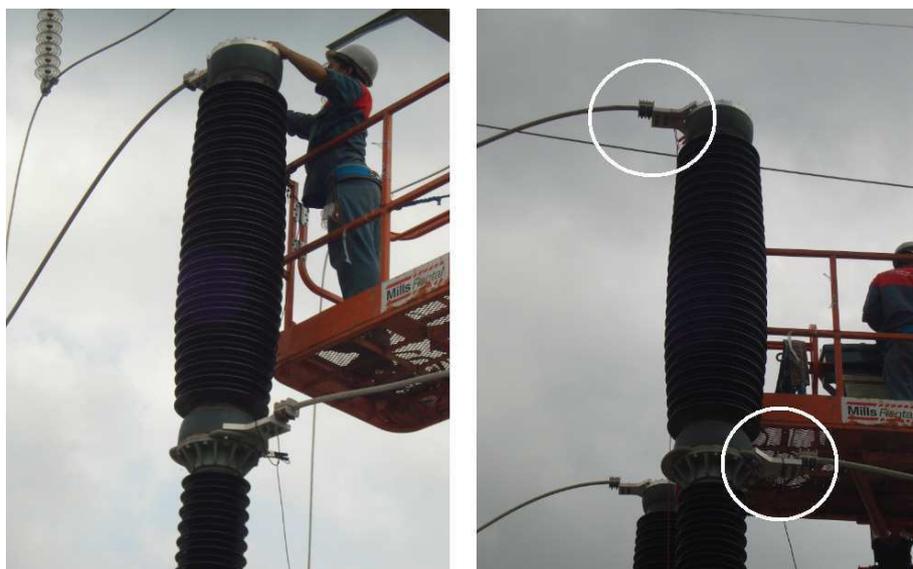


Figura 71 – Realização do teste de resistência entre contatos.

2.2 Chaves seccionadoras

O comissionamento das chaves seccionadoras se resumiu em verificar alinhamento, sistemas de abertura e fechamento e, por fim, distâncias entre contatos e condutores interligados (Figura 72).



Figura 72 – Verificação do alinhamento e nivelamento das seccionadoras.

Portanto, o primeiro problema verificado foi a abertura desigual das seccionadoras. O motivo deste problema foi a troca de chaves no descarregamento do material da UTE Muricy I e da SE Pólo. Nas Figuras 73 e 74 são evidenciadas a diferença entre os mecanismos de abertura das chaves.

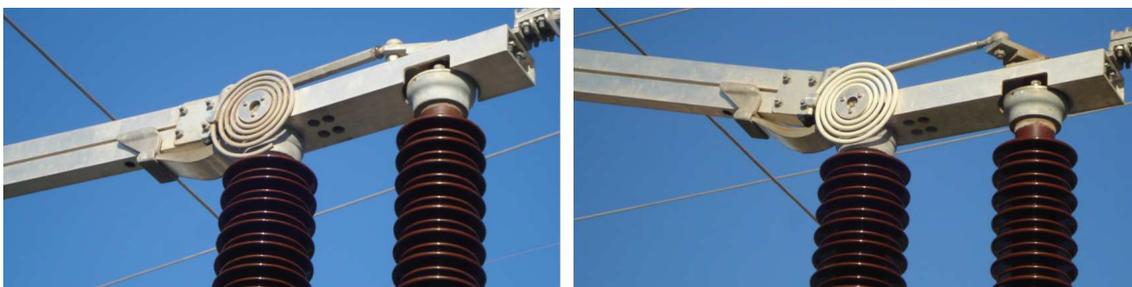


Figura 73 – Diferentes mecanismos de abertura das chaves seccionadoras.



Figura 74 – Abertura desregular das chaves seccionadoras.

Em seguida, foram verificados problemas nas distâncias entre os condutores e os contatos das chaves. Nas seccionadoras térreas referentes ao vão de transferência de barras (TIE), o braço da chave apresentava o condutor conectado sob um ângulo de aproximadamente 90° com o eixo da seccionadora. Percebeu-se que isto poderia provocar, em situações críticas, um desgaste maior do equipamento ou até mesmo o restabelecimento de um arco elétrico em casos de defeito dos disjuntores. Nas Figuras 75 e 76 são evidenciadas as configurações inicial e final (depois das correções) das chaves.



Figura 75 – Chaves Seccionadoras térreas do TIE antes da correção.



Figura 76 – Adequação das seccionadoras do TIE.

Já nas seccionadoras aéreas (Figura 77), verificou-se que a distância entre os condutores e o corpo da chave estava menor do que o estabelecido por norma. Sendo assim, foram providenciados conectores prolongados através dos quais foi possível elevar a referida distância à valores permitidos em norma.



Figura 77 – Aplicação de conectores prolongados nas chaves seccionadoras aéreas.

2.3 Relés e supervisório

Por fim, foi testado o sistema de proteção da subestação de forma que a mesma foi operada via supervisório através da comunicação dos relés com os equipamentos em campo (Figura 78). Além da análise dos comandos, foram verificados estatus de aberto/fechado, atuação da proteção, níveis de pressão do SF₆ nos disjuntores, temperatura dos transformadores, entre diversos outros sinais.

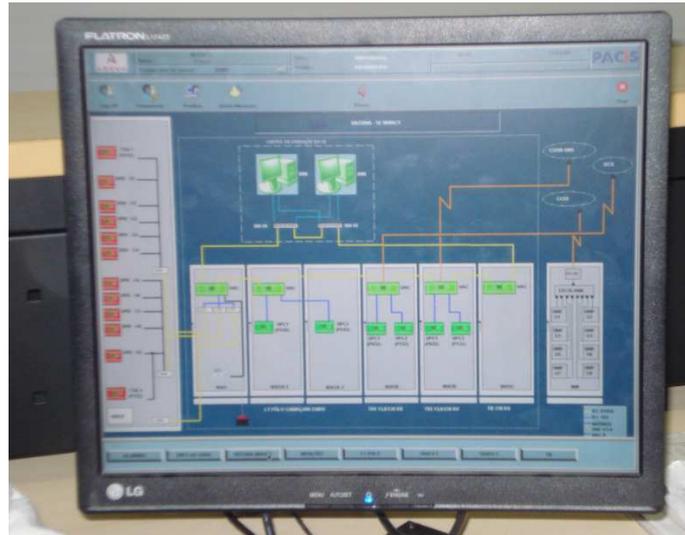


Figura 78 – Testes e verificações a partir do supervisório da subestação.

CONCLUSÕES

Conforme mencionado ao longo do presente relatório de estágio, a realização do comissionamento dos equipamentos instalados em usinas geradoras de energia é uma etapa de extrema necessidade. Verificar a conformidade do funcionamento dos equipamentos utilizados ao longo dos processos de conversão de energia mecânica para energia elétrica é essencial para o fornecimento de uma energia elétrica de boa qualidade de forma segura e confiável.

Desta forma, conclui-se que o estágio realizado no período de comissionamento da UTE Muricy I foi de extrema importância para o aperfeiçoamento e incremento dos conhecimentos, até então, em grande parte teóricos. Foi possível compreender de forma mais clara as relações burocráticas do comércio de energia elétrica e o envolvimento das empresas construtoras, fiscalizadoras e terceirizadas durante a construção de usinas geradoras.

Em relação ao comissionamento dos equipamentos elétricos, pode-se afirmar que trata-se de uma etapa obrigatória antes da colocação de uma termelétrica em operação. Considerando o volume de problemas encontrados ao longo dos testes, é possível dizer que seria inviável a geração de energia sem que antes fosse realizada a etapa de comissionamento da usina. O aprendizado ao longo do estágio não se resumiu em detectar problemas, mas também em solucioná-los. Em diversos casos, é mais indicado adequar a instalação às condições reais do estabelecimento do que refazê-la. De fato, o procedimento de adequação não é generalista uma vez que em alguns casos as normas brasileiras estabelecem características que devem ser respeitadas independentemente das dificuldades encontradas para tal implantação.

Por fim, voltamos a agradecer aos engenheiros Humberto de Novaes e Waldez Azevedo pela oportunidade deste estágio. Agradecemos também a Sra. Áurea de Novaes pela paciência e auxílio ao longo do estágio e, finalmente, ao professor Damásio Fernandes pela ajuda, amizade e compreensão ao longo dos meses de trabalho na usina termelétrica Camaçari Muricy I.

BIBLIOGRAFIA

- [1] ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 5419: Proteção de estruturas contra descargas atmosféricas, 2001.
- [2] EFACEC & BC Projetos, Especificação Técnica UTE Muricy I, Centro de Distribuição de Cargas (CDC) e Centros de Controle de Motores (CCM) de 480 V, 2008.
- [3] EFACEC & BC Projetos, Especificação Técnica UTE Muricy I, Cubículos 13,8 kV, 2008.
- [4] EFACEC & BC Projetos, Especificação Técnica UTE Muricy I, Disjuntores SF₆ – Subestação de 230 kV, 2008.
- [5] EFACEC & BC Projetos, Especificação Técnica UTE Muricy I, Pára-raios – Subestação de 230 kV, 2008.
- [6] EFACEC & BC Projetos, Especificação Técnica UTE Muricy I, Seccionadoras – Subestação de 230 kV, 2008.
- [7] EFACEC & BC Projetos, Especificação Técnica UTE Muricy I, Transformadores de corrente – Subestação de 230 kV, 2008.
- [8] EFACEC & BC Projetos, Especificação Técnica UTE Muricy I, Transformadores de serviços auxiliares, 2008.
- [9] FILHO, João Mamede. Manual de Equipamentos Elétricos. Volume 1. 2ª Edição. Livros Técnicos e Científicos Editora. Rio de Janeiro, 1994.
- [10] KINDERMANN, G. *Aterramento Elétrico*, Ed. Sagra Luzatto, 2002.
- [11] KINDERMANN, G. *Proteção Contra DESCARGAS ATMOSFÉRICAS em estruturas edificadas*, 3ª Edição, Ed. LabPlan, 1992.
- [12] KINDERMANN, G. *Proteção de Sistemas Elétricos de Potência*, Volume 2, Ed. LabPlan, 2006.
- [13] Manuais AREVA – Relés MiCOM P132, 2007.
- [14] Manuais AREVA – Relés MiCOM P343, 2007.
- [15] MEGGER. Operating Instructions – Major MEGGER Tester, 3rd Edition. England, 1992.