



TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

**MANUTENÇÃO EM SUBESTAÇÕES DA
UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA EM
CONFORMIDADE COM A NR10**

David Pereira Passos Júnior

Brasília, 27 de junho de 2016

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA

FACULDADE DE TECNOLOGIA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA ELÉTRICA

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
Faculdade de Tecnologia
Curso de Graduação em Engenharia Elétrica

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

**MANUTENÇÃO EM SUBESTAÇÕES DA
UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA EM
CONFORMIDADE COM A NR10**

David Pereira Passos Júnior

Relatório submetido como requisito parcial para obtenção
do grau de Engenheiro Eletricista

Banca Examinadora

Prof. Edvaldo Lima Paniago, UnB/ ENE
(Orientador)

Prof. Marco Aurélio Gonçalves de Oliveira,
UnB/ ENE (Avaliador Interno)

Robson Luciano Fernandes Pereira da Silva,
UnB/ ENE (Avaliador Externo)

Brasília, 27 de junho de 2016

FICHA CATALOGRÁFICA

PASSOS JÚNIOR, DAVID PEREIRA

Manutenção em Subestações da Universidade de Brasília em Conformidade com a NR10 / David Pereira Passos Júnior. Distrito Federal, UnB / FT, 2016.

xvii, 77p., 297 mm (ENE/FT/UnB, Engenheiro, Engenharia Elétrica, 2016)

Trabalho de Conclusão de Curso – Universidade de Brasília, Faculdade de Tecnologia, FT, 2016.

1.Manutenção

2.NR10

3.Segurança

4.Subestação

I. Elétrica/FT/UnB

II. Título (série)

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

PASSOS JÚNIOR, D.P., (2016): Manutenção em Subestações da Universidade de Brasília em Conformidade com a NR10. Trabalho de Conclusão de Curso em Engenharia Elétrica, Faculdade de Tecnologia, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 77p.

CESSÃO DE DIREITOS

AUTOR: David Pereira Passos Júnior.

TÍTULO: Manutenção em Subestações da Universidade de Brasília em Conformidade com a NR10.

GRAU: Engenheiro Eletricista ANO: 2016

É concedida à Universidade de Brasília permissão para reproduzir cópias deste Trabalho de Graduação, entretanto, emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva outros direitos de publicação, e nenhuma parte desse Trabalho de Conclusão de Curso pode ser reproduzida sem sua autorização por escrito.

David Pereira Passos Júnior

*Dedico este trabalho a Deus,
a minha mãe e a minha noiva.*

RESUMO

Manutenções em instalações elétricas são procedimentos comuns presentes no dia-a-dia de profissionais ligados ao ramo. O tipo de manutenção mais conhecido é a corretiva, que tem por base sanar problemas que já estão latentes. Outro tipo de manutenção que tem ganhado mais adesão é a preventiva, que visa aumentar a vida útil das instalações mediante acompanhamento próximo do comportamento delas, solucionando os desajustes antes que eles se tornem irreparáveis. Diversas instituições já implementam a manutenção preventiva como um processo rotineiro. Seguindo a mesma linha, a prefeitura dos campi da Universidade de Brasília tem se mobilizado para garantir as adequações fundamentais ao bom estado das suas instalações, robustecendo seu organograma com a criação de núcleos de manutenção, que, contudo, ainda não realiza nenhum tipo de manutenção preventiva em subestações. De acordo com a Norma Regulamentadora nº 10 (NR10), todo procedimento realizado em instalações elétricas precisa de documento indicando o passo a passo de cada atividade. A fim de contribuir com o desenvolvimento das atividades destes núcleos, será apresentado um manual com os procedimentos passo a passo para a manutenção preventiva de subestações no *campus* Darcy Ribeiro da Universidade de Brasília, inclusive indicando as condições de segurança necessárias, atendendo assim às determinações da NR10. Este trabalho está sendo realizado concomitantemente com outro referente às atividades de manutenção em instalações de baixa tensão de título “Manutenção Corretiva em Instalações de Baixa Tensão na Universidade de Brasília em Conformidade com a NR10”, de forma a se complementarem.

Palavras Chave: Manutenção, NR10, Segurança, Subestação.

ABSTRACT

Maintenance in electrical installations are common procedures on a daily basis of professionals of the electrical area. The best known type of maintenance is the corrective, which is based in correcting problems that are already latent. Another type of maintenance that has gained more support is the preventive one, aimed at extending the life of facilities by close monitoring of their behavior, solving the imbalances before they become irreparable. Several institutions already implement preventive maintenance as a routine process. In the same topic, the campus Darcy Ribeiro of the University of Brasilia has been trying to ensure the fundamental adjustments to the good condition of its facilities, steeling its organization chart with the creation of maintenance cores, which, however, still does not make any preventive maintenance in substations. According to the Regulatory Norm No. 10 (NR 10), the whole procedure performed in electrical installations must have a document indicating the step by step of each activity. In order to contribute to the development of the activities of these cores, a manual will be presented with the step by step procedures for preventive maintenance of the substations on campus Darcy Ribeiro of the University of Brasilia, including indicating the necessary security conditions, thus meeting the determinations of NR10. This paper is being conducted with another one regarding the maintenance activities in low voltage installations, named "Corrective Maintenance in low voltage facilities at the University of Brasilia in compliance with NR10" in order to complement each other.

Keywords: Maintenance; NR10; Safety; Substation.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	1
1.1 ASPECTOS GERAIS	1
1.2 OBJETIVOS DO TRABALHO.	2
1.3 ESTRUTURA DO TRABALHO.....	3
2 SUBESTAÇÕES	5
2.1 DEFINIÇÃO	5
2.2 TIPOS DE SUBESTAÇÃO	5
2.2.1 Classificação quanto ao nível de tensão.	6
2.2.2 Classificação quanto a relação entre a tensão de entrada e de saída	6
2.2.3 Classificação quanto a função no sistema elétrico	6
2.2.4 Classificação quanto ao tipo de instalação	7
2.2.5 Classificação quanto ao tipo construtivo.....	7
2.2.6 Classificação quanto ao tipo de comando	7
2.3 COMPONENTES DE UMA SUBESTAÇÃO	8
2.3.1 Dispositivos de transformação	8
2.3.2 Dispositivos de manobra	8
2.3.3 Dispositivos de proteção	9
2.3.4 Condutores	9
2.4 NORMA REGULAMENTADORA Nº 10.....	10
2.5 SUBESTAÇÕES NA UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA	11
3 MANUTENÇÃO – CONCEITOS GERAIS	13
3.1 DEFINIÇÃO E HISTÓRIA DA MANUTENÇÃO	13
3.2 TIPOS DE MANUTENÇÃO	15
3.2.1 Manutenção corretiva.....	15
3.2.2 Manutenção preventiva	16
3.3 MANUTENÇÃO NA UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA	17
4 MANUTENÇÃO PREVENTIVA NAS SUBESTAÇÕES DA UNB	18
4.1 ASPECTOS GERAIS	18
4.2 MANUTENÇÃO PREVENTIVA EM EQUIPAMENTOS DE SUBESTAÇÕES	20
4.2.1 Manutenção preventiva de para-raios de linha	21
4.2.2 Manutenção preventiva de fusíveis de média tensão	21
4.2.3 Manutenção preventiva de chaves seccionadoras	21

4.2.4	Manutenção preventiva de transformadores de instrumentos (transformadores de corrente e de potencial – TC e TP)	22
4.2.5	Manutenção preventiva de disjuntores	23
4.2.6	Manutenção preventiva de transformadores de potência a óleo.....	23
4.2.7	Manutenção preventiva de transformadores de potência a seco.....	24
4.2.8	Manutenção preventiva de barramentos	24
4.2.9	Manutenção preventiva de cabos elétricos.....	24
4.2.10	Manutenção preventiva de muflas terminais.....	25
4.2.11	Manutenção preventiva de relés.....	25
4.3	MANUTENÇÃO PREDITIVA EM EQUIPAMENTOS DE SUBESTAÇÕES.....	25
4.4	DISPOSIÇÕES ADICIONAIS.....	27
5	SEGURANÇA NOS PROCEDIMENTOS DE MANUTENÇÃO DAS SUBESTAÇÕES DA UNB	29
5.1	RISCOS AMBIENTAIS.....	29
5.2	RISCOS POTENCIAIS E SUAS RESPECTIVAS MEDIDAS DE CONTROLE NOS PROCEDIMENTOS DE MANUTENÇÃO PREVENTIVA.....	32
5.2.1	Para-raios de linha	33
5.2.2	Fusíveis de média tensão.....	34
5.2.3	Chaves seccionadoras	35
5.2.4	Transformadores de corrente de transformadores de potencial	36
5.2.5	Disjuntores	37
5.2.6	Transformadores de potência a óleo	38
5.2.7	Transformadores de potência a seco	39
5.2.8	Barramentos.....	40
5.2.9	Cabos elétricos	41
5.2.10	Muflas terminais	42
5.3	DESCRIÇÃO PASSO A PASSO DAS ATIVIDADES PARA A MANUTENÇÃO PREVENTIVA DAS SUBESTAÇÕES DA UNB.....	45
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS	46
	REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	47
	ANEXOS.....	49
	APÊNDICES	52

LISTA DE FIGURAS

3.1 Fases da manutenção.....	15
3.2 Conceitos e divisões da manutenção.....	16
AN1.1 Dispositivo de amostragem	51
AP1.1 Subestação do ICC Norte [1].....	52
AP1.2 Subestação do ICC Norte [2].....	52
AP1.3 Subestação do ICC Norte [3].....	53
AP1.4 Subestação do ICC Norte [4].....	53
AP1.5 Subestação do ICC Norte [5].....	54
AP1.6 Subestação do ICC Norte [6].....	54
AP1.7 Subestação do ICC Norte [7].....	55
AP2.1 Subestação da Reitoria [1].....	56
AP2.2 Subestação da Reitoria [2].....	56
AP2.3 Subestação da Reitoria [3].....	57
AP2.4 Subestação da Reitoria [4].....	57
AP2.5 Subestação da Reitoria [5].....	58
AP2.6 Subestação da Reitoria [6].....	58
AP3.1 Subestação da FACE [1]	59
AP3.2 Subestação da FACE [2]	59
AP3.3 Subestação da FACE [3]	60
AP3.4 Subestação da FACE [4]	60

LISTA DE TABELAS

5.2	Riscos físicos	30
5.2	Riscos químicos	30
5.3	Riscos biológicos	31
5.4	Riscos ergonômicos	31
5.5	Riscos de acidente	32
5.6	Riscos e medidas de controle para para-raios de linha	33
5.7	Riscos e medidas de controle para fusíveis de média tensão	34
5.8	Riscos e medidas de controle para chaves seccionadoras.....	35
5.9	Riscos e medidas de controle para transformadores de instrumentos.....	36
5.10	Riscos e medidas de controle para disjuntores	37
5.11	Riscos e medidas de controle para transformadores de potência a óleo	38
5.12	Riscos e medidas de controle para transformadores de potência a seco	39
5.13	Riscos e medidas de controle para barramentos.....	40
5.14	Riscos e medidas de controle para cabos elétricos	41
5.15	Riscos e medidas de controle para muflas elétricas	42
AP4.1	Frequência dos procedimentos de manutenção preventiva	61
AP5.1	Procedimentos prévios passo a passo.....	69
AP6.1	Procedimentos para a manutenção preventiva passo a passo	73

LISTA DAS PRINCIPAIS SIGLAS

ABNT	– Associação Brasileira de Normas Técnicas
ANEEL	– Agência Nacional de Energia Elétrica
CEB	– Companhia Energética de Brasília
COELCE	– Companhia Energética do Ceará
CONFEA	– Conselho Federal de Engenharia e Agronomia
CREA	– Conselho Regional de Engenharia e Agronomia
EPC	– Equipamento de proteção coletivo
EPI	– Equipamento de proteção individual
FACE	– Faculdade de Administração, Contabilidade e Economia
ICC	– Instituto Central de Ciências
NBR	– Norma Brasileira
NR	– Norma Regulamentadora
SEP	– Sistema Elétrico de Potência
UnB	– Universidade de Brasília

CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO

1.1 ASPECTOS GERAIS

Segundo a Norma Brasileira nº 5462 – Confiabilidade e manutenibilidade (1994) aprovada pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), manutenção é a “Combinação de todas as ações técnicas e administrativas, incluindo as de supervisão, destinadas a manter ou recolocar um item em um estado no qual possa desempenhar uma função requerida. A manutenção pode incluir uma modificação do item”. Logo, a manutenção é um conjunto de ações tomadas para manter o funcionamento de um determinado item.

Entende-se por item, neste contexto, a unidade de produto que pode ser considerada individualmente e ensaiada separadamente. Pode ser uma peça ou conjunto de peças, um subconjunto ou um equipamento, completa em si mesma ou componente de uma unidade maior.

Sabe-se que desde os primórdios a humanidade restaura suas ferramentas. Com o avanço da tecnologia e o surgimento de máquinas na indústria, adveio a necessidade de se fazer manutenções corretivas, consertando os problemas ocorridos nas instalações e maquinários. Com o desenvolvimento tecnológico, tal atividade se tornou cada vez mais necessária, ao ponto em que corrigir problemas não era mais o bastante; passou a ser imprescindível evitar que eles ocorressem para, dessa forma, reduzir gastos. Assim surge a manutenção preventiva.

Manutenção preventiva, ainda segundo a NBR 5462, é a “Manutenção efetuada em intervalos predeterminados, ou de acordo com critérios prescritos, destinada a reduzir a probabilidade de falha ou a degradação do funcionamento de um item”. Assim como a corretiva, a preventiva também tem vasta aplicação, e uma delas é no Sistema Elétrico de Potência (SEP).

Entende-se por SEP, o conjunto de todas as instalações e equipamentos destinados à geração, transmissão e distribuição de energia elétrica, sendo as subestações, um dos centros de comando e controle do SEP.

Uma subestação é um conjunto de equipamentos de manobra e transformação usados para controlar fluxo de potência, modificar tensões e correntes, e garantir a proteção do

sistema elétrico. Ela está presente na maioria das instituições que têm uma instalação elétrica robusta.

A Universidade de Brasília (UnB) é uma instituição federal de ensino composta por quatro campi (Darcy Ribeiro, Gama, Planaltina e Ceilândia); cada um deles possui uma carga elétrica relativamente alta. O *campus* Darcy Ribeiro foi o primeiro a ser construído e é o que detém a maior carga instalada.

A universidade foi fundada no ano de 1962, entretanto, com 54 anos, ela ainda não tem um serviço de manutenção preventiva bem estruturado. Para organizar as atividades, foi criada a prefeitura do campus, um órgão auxiliar com objetivo de manter os serviços de infraestrutura da UnB, coordenando os serviços de: manutenção predial, manutenção de instalações, transporte, segurança, obras de reforma, conservação e limpeza, mudança e jardinagem. Contudo, devido, principalmente à falta de recursos, só em 2014 foi instituído um núcleo que, além das atividades que já exercia, também começou a realizar manutenção preventiva. Por ser relativamente novo, esse núcleo ainda não consegue atender toda a demanda de manutenção preventiva, conforme informado pelo gestor da área.

Para realizar manutenções preventivas em subestações é imprescindível o conhecimento técnico e indispensável seguir as normas vigentes. Também é necessário documento que descreva o passo a passo de cada tarefa, detalhando, inclusive, os riscos inerentes à sua execução.

Dentre estas normas está a Norma Regulamentadora¹ nº 10 – Segurança em Instalações e Serviços em Eletricidade (2016) do Ministério do Trabalho e Previdência Social (MTPS), que estabelece em seu item 10.11.1 a necessidade de documento indicando o passo a passo de cada atividade a ser realizada em serviços com eletricidade. Esse é um documento que visa aumentar a segurança do profissional, e este trabalho de conclusão de curso busca fornecer esse documento relativo às atividades de manutenção preventiva das subestações da universidade.

¹ As Normas Regulamentadoras (NR), relativas à segurança e saúde do trabalho, são de observância obrigatória pelas empresas privadas e públicas e pelos órgãos públicos da administração direta e indireta, bem como pelos órgãos dos Poderes Legislativo e Judiciário, que possuam empregados regidos pela Consolidação das Leis do Trabalho (CLT). Disponível em <http://www.mtps.gov.br/seguranca-e-saude-no-trabalho/normatizacao/normas-regulamentadoras>. Acesso em: 19/06/2016.

1.2 OBJETIVOS DO TRABALHO

O núcleo responsável pelos procedimentos de manutenção preventiva na UnB, criado em 2014, ainda precisa ser consolidado. Assim, este trabalho tem por objetivo contribuir com a apresentação de um manual passo a passo para a manutenção preventiva de subestações no *campus* Darcy Ribeiro.

O manual foi elaborado para atender o item 10.11.1 da Norma Regulamentadora nº 10, que assim determina: “Os serviços em instalações elétricas devem ser planejados e realizados em conformidade com procedimentos de trabalho específicos, padronizados, com descrição detalhada de cada tarefa, passo a passo (...)”.

Esse manual busca atender também às normas regulamentadoras NR6 – Equipamentos de Proteção Individual (2015), e NR9 – Programa de Prevenção de Riscos Ambientais (2014), NR35 – Trabalho em Altura (2014), com foco dominante na NR10. Além de apresentar os procedimentos passo a passo para a manutenção preventiva das subestações de distribuição, também são apresentados os mecanismos de segurança para cada atividade de manutenção, assegurando, dessa forma, risco controlado para os trabalhadores responsáveis pela execução dos procedimentos específicos de cada atividade.

Como o foco deste trabalho é a manutenção de subestações da Universidade de Brasília, serão abordadas mais detalhadamente as subestações de consumidor, assim definidas como as subestações pertencentes às unidades consumidoras, enquanto será dada apenas uma breve definição sobre outros tipos de subestação.

1.3 ESTRUTURA DO TRABALHO

A sequência de exposição dos assuntos deste trabalho é apresentada de forma a facilitar o entendimento do leitor acerca dos objetos abordados. Para cada assunto é dada uma breve introdução, e logo depois é apresentado um desenvolvimento mais detalhado. O trabalho foi elaborado em 6 capítulos, cada qual transmitindo informações sobre assuntos distintos, porém complementares.

O primeiro capítulo apresenta a introdução, contendo os aspectos gerais, os objetivos e a estrutura do trabalho.

O segundo capítulo expõe a fundamentação teórica sobre subestações elétricas e sua aplicação na Universidade de Brasília. São expostos definições e conceitos, tipos de

subestação, referências normativas, e com destaque à aplicação das subestações na UnB.

O terceiro capítulo constitui-se da apresentação dos conceitos de manutenção, bem como seu histórico e tipos. É dado maior enfoque à manutenção preventiva uma vez que o capítulo seguinte tem como destaque a aplicação deste tipo de manutenção nas subestações tratadas.

O quarto capítulo analisa a relação de manutenção preventiva e subestações nas dependências da Universidade de Brasília, mostrando os procedimentos periódicos de manutenção preventiva e explicando quais as vantagens de se realizar esse tipo de manutenção.

O quinto capítulo é destinado aos procedimentos de segurança nas atividades de manutenção das subestações da UnB. É apresentado o manual passo a passo relativo a essas atividades, além de indicar os riscos potenciais e medidas de controle relativos a cada um desses passos.

O sexto capítulo exhibe as considerações finais, sintetizando todo o trabalho e apresentando sugestões para trabalhos futuros.

CAPÍTULO 2 – SUBESTAÇÕES

2.1 DEFINIÇÃO

Nos dias de hoje é impensável viver sem energia elétrica, uma vez que ela é fonte quase que indispensável para o desenvolvimento tecnológico, populacional e econômico do planeta. A cada dia que passa, a população demanda mais energia, de forma que é necessário que as técnicas de seu uso se desenvolvam juntamente com o aumento da demanda. É por essa razão que as subestações e seu desenvolvimento são tão importantes, por ser o elo que adéqua a tensão de fornecimento à tensão de utilização.

Segundo a Agência Nacional de Energia Elétrica (Aneel), pela Resolução Normativa nº 414 – Condições Gerais de Fornecimento Energia Elétrica – uma subestação é parte do sistema de potência que compreende os dispositivos de manobra, controle, proteção, transformação e demais equipamentos, condutores e acessórios, abrangendo as obras civis e estruturas de montagem. De forma geral, a subestação serve para controlar o fluxo de potência, modificar tensões, alterar a corrente elétrica, e garantir a proteção do sistema elétrico, logo ela funciona como um ponto de controle e transferência em um sistema de transmissão e distribuição elétrica.

Para que a energia seja gerada na usina e entregue às cidades, nesse percurso ela passa por diversas subestações, que elevam a tensão elétrica para reduzir perdas durante a transmissão, e abaixam a tensão perto das cidades, permitindo assim a distribuição de energia com mais segurança. Durante esse percurso são vários tipos diferentes de subestações que recebem essa energia.

2.2 TIPOS DE SUBESTAÇÃO

Existem maneiras diversas de se classificar uma subestação, sendo algumas classificações de acordo com: nível de tensão, relação entre os níveis de tensão de entrada e saída, função no sistema elétrico, tipo de instalação, tipo construtivo do equipamento e tipo de comando. As classificações a seguir foram baseadas no projeto de “Subestações Elétricas” de Muzy (2012).

2.2.1 Classificação quanto ao Nível de Tensão:

Segundo Gebran (2014) em seu livro “Manutenção e Operação de Equipamentos de Subestações”, o nível de tensão pode ser classificado em:

- Baixa tensão: até 1kV;
- Média tensão: de 1kV até 66kV,
- Alta tensão: de 66kV até 230kV;
- Extra-alta tensão: de 230kV até 800kV
- Ultra-alta tensão: acima de 800kV

2.2.2 Classificação quanto à relação entre a tensão de entrada e saída:

- Subestação de manobra: tem como finalidade principal modificar a configuração de um sistema elétrico, mediante interligação entre linhas de transmissão.
- Subestação elevadora: tem a função de aumentar a tensão de saída em relação à tensão de entrada a fim de reduzir a corrente e, conseqüentemente, reduzir a seção dos condutores e as perdas de transmissão.
- Subestação abaixadora: ao contrário da elevadora, esta reduz os níveis de tensão para evitar interferências, campos magnéticos intensos e, principalmente, aumentar a segurança da população quanto à parte de distribuição, pois quanto maior a tensão, maior o risco de descarga quando próximo ao solo. Logo a transmissão em tensões mais baixas é mais viável dentro de cidades, não sendo necessários postes tão altos caso a distribuição seja feita via aérea.
- Subestação conversora: desempenha a função de conversão, seja de corrente alternada para corrente contínua ou vice-versa, ou apenas de frequência da corrente alternada.

2.2.3 Classificação quanto à função no sistema elétrico:

- Subestação de transmissão: transmite a energia por longas distâncias em tensões elevadas.

- Subestação de subtransmissão: transporta a energia das subestações de transformação para uma ou mais subestações de distribuição.
- Subestação de distribuição: recebe a energia das linhas de subtransmissão e a entrega às redes de distribuição. Em geral essa entrega é feita com abaixamento das tensões.
- Subestação de consumidor: subestação que pertence a uma determinada unidade consumidora particular.

2.2.4 Classificação quanto ao tipo de instalação:

- Externas: tem seus equipamentos instalados ao ar livre, o que implica no uso de equipamentos próprios para funcionamento em condições atmosféricas adversas.
 - Subestação aérea: principal tipo de subestação externa de consumidor, são aquelas instaladas em postes.
- Internas: tem seus equipamentos instalados em local abrigado, protegidos das condições adversas do tempo.

2.2.5 Classificação quanto ao tipo construtivo:

- Convencionais: instaladas a céu aberto, têm o ar como meio isolante.
- Cabine metálica: tem uma estrutura fechada e compacta, de forma a conseguir uma grande redução de espaço comparada às convencionais. Contudo necessita de equipamentos especiais para seu manuseio.

2.2.6 Classificação quanto ao tipo de comando:

- Subestação assistida: sua operação necessita de operadores humanos no local para seu funcionamento.
- Subestação não-assistida: não dispõe de pessoal permanente para a sua operação, podendo ser controlada remotamente ou por pessoal locado não permanentemente.

Essas são algumas das principais classificações de subestações, pois que são suficientes para caracterizar as subestações da UnB, todavia elas ainda podem ter outras divisões de acordo com os equipamentos, arranjos, entrada, barramento, etc. Outras divisões, fora as citadas, não serão tratadas neste trabalho, mas podem ser encontradas na bibliografia referida após as considerações finais deste trabalho.

2.3 COMPONENTES DE UMA SUBESTAÇÃO

Por definição, uma subestação já engloba um conjunto de equipamentos. Neste capítulo serão citados alguns dos equipamentos presentes em uma subestação de consumidor de média tensão, além de uma breve explicação sobre cada um deles, pois são os equipamentos encontrados na Universidade de Brasília.

Para os efeitos deste trabalho, entende-se por equipamento elétrico a unidade funcional, completa e distinta, que exerce uma ou mais funções elétricas relacionadas com a distribuição ou utilização da energia elétrica.

2.3.1 Dispositivos de transformação:

- Transformador de corrente: tem como função reduzir a corrente recebida para entregá-la aos sistemas de proteção e medição.
- Transformador de potencial: semelhante ao transformador de corrente, tem como princípio se adequar à medição de tensões acima de 600V, ou seja, o dispositivo recebe a tensão e a transforma em uma menor, compatível com os sistemas de proteção e medição.
- Transformador de potência: tem como função reduzir ou elevar a tensão e, conseqüentemente, elevar ou reduzir a corrente, respectivamente, mantendo praticamente inalterada a potência do circuito.

2.3.2 Dispositivos de manobra:

- Disjuntor de média tensão: equipamento capaz de conduzir, interromper e restabelecer correntes normais ou anormais do sistema. Funciona em conjunto com um ou mais relés, pois sem estes o disjuntor funciona apenas como manobra, sem características de proteção.

- Chave seccionadora: segundo a Norma Brasileira nº 6935 – Secionador, chaves de terra e aterramento rápido (1985) – é “um dispositivo mecânico de manobra capaz de abrir e fechar um circuito elétrico quando uma corrente de intensidade desprezível é interrompida ou restabelecida. Também é capaz de conduzir correntes sob condições normais do circuito e, durante um tempo especificado, correntes sob condições anormais, como curto-circuito”.

2.3.3 Dispositivos de proteção:

- Para-raios de linha: protege o sistema contra descargas atmosféricas e contra surtos de tensão. Sua função é reduzir os valores das tensões transientes para evitar danos aos equipamentos elétricos.
- Fusível: protege o circuito contra correntes que excedem um valor determinado, durante um tempo especificado.
- Relé: Funciona em conjunto com disjuntor, protegendo e isolando os trechos do sistema onde ocorrem falhas.

2.3.4 Condutores:

- Barramento: elemento condutor rígido de impedância desprezível, ao qual são ligados linhas e equipamentos.
- Cabos elétricos de média tensão: Elemento condutor flexível isolado que conduz corrente entre os dispositivos elétricos interconectados a ele.
- Mufla terminal: dispositivo destinado a restabelecer as condições de isolação da extremidade de um condutor isolado quando este é conectado a um condutor nu, amenizando os campos elétricos gerados nessas transições.

2.4 NORMA REGULAMENTADORA Nº 10

Para se construir uma subestação é necessário que o projeto siga diversas especificações normativas a fim de garantir maior segurança, eficiência e padronização. No quesito de segurança na manutenção de subestações de distribuição de média tensão, é necessário se ater a diversas normas, principalmente à Norma Regulamentadora nº 10 – Segurança em Instalações e Serviços em Eletricidade. Esta

NR busca garantir tanto a segurança daqueles que trabalham diretamente com eletricidade, como de todos aqueles que usam dela de alguma forma para seu trabalho.

Segundo Reis (2011) a primeira publicação da NR10 foi em 1978, e na década de 90, precisou ser revista. A tecnologia e os equipamentos elétricos foram evoluindo, contudo, as medidas de segurança não se desenvolveram na mesma velocidade, de forma que muitos acidentes com eletricidade começaram a ocorrer nessa década. Para evitar esses acidentes, foram feitos diversos estudos e análises, que culminaram na criação da nova versão de NR10 no ano de 2004. A partir daí a norma foi divulgada e implantada em caráter experimental, que passou a vigorar obrigatoriamente no ano de 2006, reduzindo significativamente a quantidade de acidentes.

A NR10 estabelece a adoção de medidas preventivas de controle de riscos mediante a análise destes, tanto em instalações energizadas quanto desenergizadas, bem como medidas de proteção coletiva e individual. Quanto aos procedimentos de trabalho, estabelece ainda a necessidade de que haja documentação assinada por profissional habilitado, informando o plano padrão das atividades que serão realizadas, com os passos explicitados, bem como registros informando se essas atividades foram realizadas de forma correta de acordo com o procedimento padrão. Este último tópico está descrito no item 10.11.1 da NR10, e este trabalho visa atender especificamente a esse item, fornecendo, ao fim, um plano padrão com os passos para a manutenção preventiva de subestações de consumidor de média tensão da Universidade de Brasília. Além do plano padrão de trabalho, também são descritos os riscos potenciais e as medidas de controle de cada risco referentes a cada passo.

Como existe também o foco em segurança ao se tratar dos riscos e medidas de controle, é relevante ressaltar a importância de outras normas correlatas, como a NR6 – Equipamentos de Proteção Individual (EPI), que trata dos equipamentos de proteção que os trabalhadores devem usar para estarem mais protegidos ao realizar seu ofício; a NR9 – Programa de Prevenção de Riscos Ambientais, que trata da análise dos riscos decorrentes do ambiente de trabalho e das atividades realizadas; a NR35 – Trabalho em Altura, que trata das atividades realizadas acima de 2 metros do nível inferior, onde haja risco de queda, especificamente para o caso de subestações aéreas no contexto deste trabalho de conclusão de curso. Vale citar também a NBR14039 – Instalações Elétricas de Média Tensão de 1,0 kV a 36,2 kV, que apesar de dar maior ênfase à

estrutura das instalações elétricas de média tensão, tem informações relevantes quanto a subestações, manutenção e equipamentos de segurança.

2.5 SUBESTAÇÕES NA UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA

Inaugurada em 1962, a Universidade de Brasília já conta com 4 campi (Darcy Ribeiro, Ceilândia, Gama e Planaltina). Darcy Ribeiro, o campus pioneiro, também foi o que mais se desenvolveu, tendo a maior área construída, com mais prédios e subestações.

Todas as subestações possuem equipamentos semelhantes, diferindo apenas na quantidade e tipo. Além disso, a universidade não conta com documento explicitando o passo a passo das atividades, conforme determina a NR10 em seu item 10.11.1.

Foram realizadas visitas em várias subestações, e, para mostrar a situação geral, três subestações foram escolhidas como modelo de ilustração para este trabalho: a mais antiga – do Instituto Central de Ciências lado norte (ICC norte) – e duas mais recentes – da Reitoria, e da Faculdade de Administração, Contabilidade e Economia (FACE).

A subestação do ICC norte (observada em 13/08/2015) está representada pelas imagens do Apêndice 1. Da maneira como foi construída na época da fundação da universidade, hoje ela necessita de uma atualização para atender à normalização vigente, principalmente em questão à segurança, pois logo à primeira vista é possível perceber que não há proteção entre as pessoas e os transformadores. Como este trabalho é direcionado para a manutenção, não será levado em conta o fato da subestação estar ou não de acordo com normas de construção, contudo será avaliado o critério de segurança para procedimentos internos, pois para realizar a manutenção é necessário que o trabalhador esteja na subestação devidamente protegido.

Além da falta de segurança, é perceptível a falta de manutenção preventiva: ambiente sujo, teias de aranha sobre as muflas e barramentos, predominância de quadros abertos. As subestações necessitam de manutenção preventiva, contudo se o projeto da subestação não estiver de acordo com as normas vigentes e apresentar excesso de riscos à saúde dos funcionários, recomenda-se que a instalação seja readequada para o trabalho, evitando assim riscos desnecessários.

A subestação da reitoria (observada em 13/08/2015), apresentada pelas imagens do Apêndice 2, dispõe de maior organização e segurança. Existem grades entre a instalação e as pessoas, e os quadros estão fechados. Contudo, apesar de ser mais recente e mais organizada, ainda existem falhas. No momento da visita técnica, como pode ser visto nas fotos, a iluminação artificial do local estava inoperante, sendo que a

iluminação natural não é suficiente para a realização de nenhum procedimento de manutenção. Havia também um cubículo desocupado sendo utilizado como depósito de material estranho à subestação, mas cuja função técnica é para passagem de barramentos energizados desprovidos de isolação. Essa subestação possui um transformador reserva, inclusive em utilização na ocasião da visita técnica devido à queima do transformador principal.

A subestação da FACE (observada em 04/09/2015) apresentou características muito próximas da subestação da reitoria, como pode ser visto pelas imagens do Apêndice 3. Predominantemente limpa e com proteção de acesso aos equipamentos e dispositivos, que estavam novos e em bom estado de conservação. Nessa subestação a iluminação artificial funcionava com perfeição, havia também aberturas protegidas para ventilação natural, de maneira que o ambiente apresentava clima ameno ainda que o tempo em Brasília no dia da visitação estivesse quente.

A descrição das subestações acima tem como propósito expor as diferenças entre instalações antigas e novas, e evidenciar que não só instalações antigas necessitam de cuidado e manutenção preventiva, mas as novas também, de modo que todas estejam continuamente em estado operativo adequado às demandas da Universidade de Brasília, e também em conformidade com os requisitos de segurança mínimos exigidos para que os colaboradores da prefeitura do campus não sejam expostos a riscos desnecessários quando da execução dos procedimentos de manutenção.

CAPÍTULO 3 – MANUTENÇÃO – CONCEITOS GERAIS

3.1 DEFINIÇÃO E HISTÓRIA DA MANUTENÇÃO

Segundo Monchy (1987, p.3), “o termo manutenção tem sua origem no vocábulo militar, cujo sentido era manter nas unidades de combate o efetivo e o material num nível constante de aceitação“. Dessa forma é possível perceber que manutenção tem o sentido de manter algo em um nível de funcionamento aceitável. Outro ponto de vista etimológico do termo afirma que no latim medieval o substantivo significa “ação de segurar com a mão“. Essa acepção é suficiente para compreender que a integridade de objetos depende da rotina da proximidade, tal como se esse estivesse no cuidado de uma mão.

Consoante a NBR 5462, manutenção é a combinação de todas as ações técnicas e administrativas, incluindo as de supervisão, destinadas a manter ou recolocar um item em um estado no qual possa desempenhar uma função requerida.

De acordo com SLACK et al. (2002, p.644), a prática da manutenção tem os seguintes objetivos:

- 1) Redução de custos: por intermédio da Manutenção Preventiva, pode-se reduzir defeitos, impactando em menos ações corretivas, as quais têm valor de custo mais elevado que as ações de prevenção;
- 2) Maior qualidade de produtos: equipamentos em estado perfeito de funcionamento garantem a qualidade dos produtos finais;
- 3) Maior segurança: setor produtivo limpo e em boas condições de operação propicia maior segurança, confiança e motivação aos trabalhadores;
- 4) Melhor ambiente de trabalho: ambiente de trabalho limpo, seguro e organizado mediante atividades de manutenção, melhoram o nível de trabalho dos funcionários;
- 5) Maior vida útil dos equipamentos: o programa objetiva o aumento da vida útil dos equipamentos, por meio de ações de prevenção e melhorias específicas nos equipamentos;

- 6) Maior confiabilidade dos equipamentos: equipamentos bem cuidados têm intervalos de tempo maiores entre uma falha e outra, o que resulta em maior disponibilidade e velocidade de produção;
- 7) Maior valorização das instalações de produção: instalações bem mantidas têm maior valor de mercado.

A manutenção, de acordo com Carreira Filipe et al. (2010), pode ser separada em 3 fases cronologicamente ordenadas:

- 1ª fase: Desde os primórdios, a humanidade utiliza e conserta suas ferramentas, contudo a expressão “manutenção” só passou a ser usada mais intensamente a partir de 1930, no meio militar. Até o final da década de 40, a manutenção encontrava-se em fase de desenvolvimento e era limitada à correção ou troca daquilo que não funcionava mais. Esse período é classificado como a Fase 1 da Evolução da Manutenção – Reparar a Avaria.
- 2ª fase: Com o surgimento das linhas de produção a partir dos anos 50, a manutenção começou a ser reconhecida como algo mais importante, pois foi notado que a falta dela ocasionava uma maior perda na produção. Devido ao desenvolvimento da aviação comercial, surgiu nessa época o conceito de manutenção preventiva, pois era impraticável realizar o processo de manutenção durante os voos, portanto era importante aplicar métodos preventivos. Esse período é classificado como a Fase 2 da Evolução da Manutenção – Evitar a Avaria.
- 3ª fase: Da década de 70 em diante a manutenção evoluiu mais e começou a se entranhar com outros conceitos, como gestão, finanças e engenharia. Aparecem as preocupações com o meio ambiente, segurança e saúde do trabalhador, bem como o aumento da tecnologia com a inserção de computadores nos processos de manutenção. A necessidade da disponibilidade dos equipamentos torna-se ainda maior, e estratégias para garantir o funcionamento das máquinas passam a ser fundamentais, de forma que a manutenção passa a se orientar mais em direção ao controle do que à intervenção. Esse período é classificado como a Fase 3 da Evolução da Manutenção – Antever a Avaria.

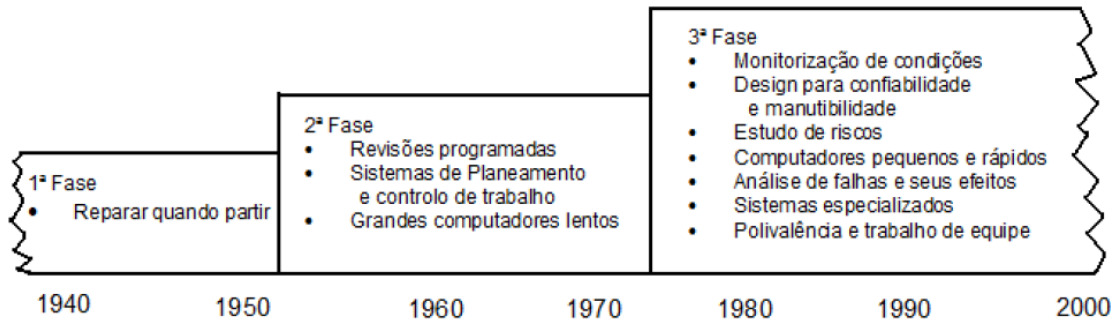


Figura 3.1: Fases da manutenção. **Fonte:** Filipe Carreira, Luís Silva, Tiago Caneira, 2010.²

Por mais que se busque o serviço de manutenção ideal, essa atuação deve ser sobretudo ponderada. Encara-se, portanto, o conceito real de perfeito: a perfeição não está no fato de tudo se manter intacto como se nunca houvesse sido utilizado, mas na utilidade. O lápis perfeito não é o que permanece no comprimento original, mas, sim, aquele que risca de maneira satisfatória. Ou seja, se determinada instalação está cumprindo com a função para a qual foi projetada (incluindo segurança), então esta pode ser enquadrada como perfeita. Outros pontos como estética e avanço da tecnologia também podem ser considerados. Porém, a ideia inicial se mantém: com prudência e planejamento, atinge-se a manutenção apropriada para cada instalação com nível de funcionamento e custos aceitáveis.

3.2 TIPOS DE MANUTENÇÃO

Historicamente, a manutenção é classificada como corretiva ou preventiva. Mais recentemente apareceram outros conceitos, como manutenção preditiva (uma extensão da preventiva) e manutenção produtiva total (que não fará parte deste trabalho). A seguir são apresentados conceitos e definições da manutenção corretiva e preventiva.

3.2.1 Manutenção Corretiva:

A manutenção corretiva ocorre após a falha do equipamento, com a finalidade de corrigir as causas e efeitos de problemas constatados. Ela pode ocorrer isoladamente ou em conjunto com a manutenção preventiva, pois esta pode localizar problemas que necessitem de ações corretivas.

² Carreira Filipe, Silva Luís, Caneira Tiago – **Manutenção, Evolução e Sua Importância**, p.4, 2010.

Ainda faz parte da corretiva a Manutenção de Melhoria, que é um conjunto de ações corretivas que tem por finalidade melhorar os equipamentos e reduzir as manutenções.

3.2.2 Manutenção Preventiva:

A manutenção preventiva é feita antes do acontecimento de um problema, que tem por objetivo manter o equipamento ou instalação em condições satisfatórias de operação e prevenir contra ocorrências adversas. Ela pode ser dividida em três partes de acordo com o período pré-estabelecido:

- Manutenção preventiva programada: ocorre em intervalos pré-determinados.
- Manutenção preventiva condicional: ocorre quando o equipamento apresenta um baixo desempenho, logo não há um intervalo fixo.
- Manutenção preditiva: baseada na probabilidade de um equipamento falhar. São analisadas amostras que indicam com que frequência surge um problema em equipamento específico. Com esse levantamento feito a cada ciclo estabelecido, faz-se manutenção mesmo que o equipamento apresente bom estado operativo, para assim reduzir o risco de falhas.

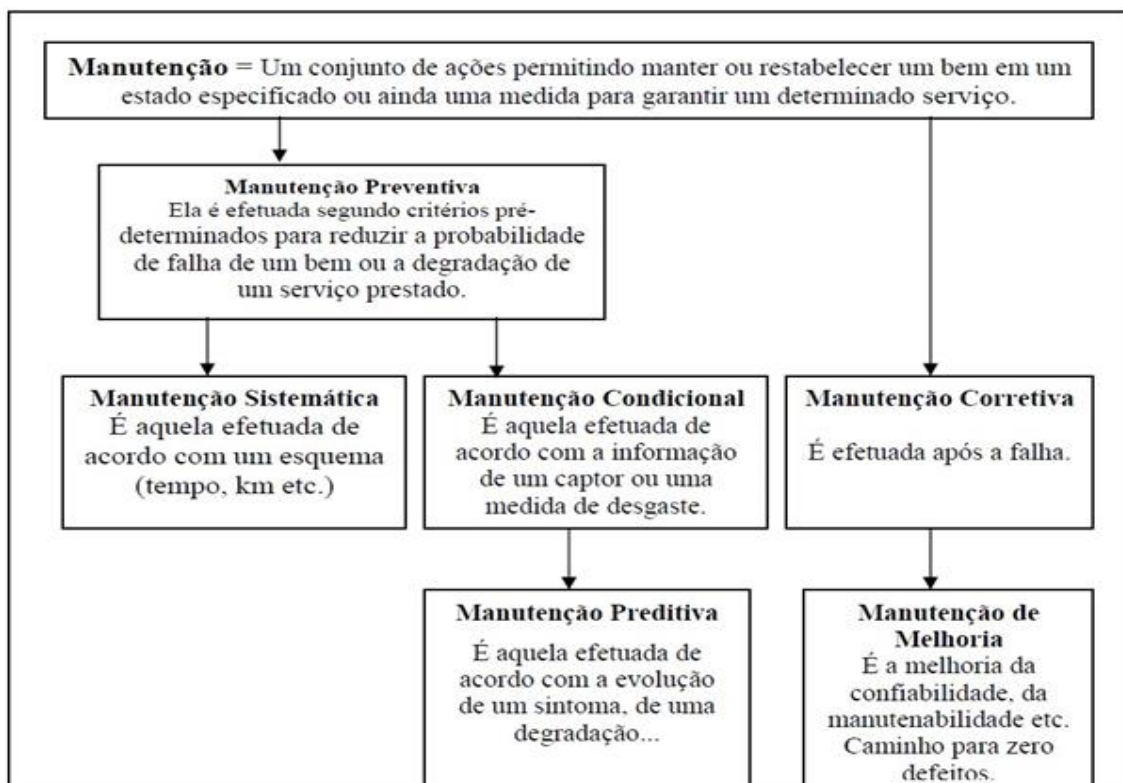


Figura 3.2: Conceitos e divisões da manutenção. **Fonte:** Marcelo Guelbert, 2004.³

³ Guelbert, Marcelo – **Estruturação de Gestão da Manutenção em uma empresa do segmento automotivo**, p.39, 2004.

3.3 MANUTENÇÃO NA UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA

O histórico da manutenção na Universidade de Brasília é dividido em dois períodos: antes e depois da criação da Prefeitura, sendo esta um marco para a organização dos processos realizados na universidade.

Mesmo na época da fundação da UnB a manutenção já estava presente no dia-a-dia de seus trabalhadores, contudo, devido à falta de gestão do conhecimento, pouco se sabe sobre como eram realizados os processos de manutenção.

Após a criação da Prefeitura, a UnB fez uma reestruturação de suas atividades, havendo agora vários núcleos responsáveis por manutenções. Em 2014 foi introduzido o conceito de manutenção preventiva, que passou a ser realizada pelo núcleo de manutenção predial. Contudo a aplicação dessa manutenção ainda não é muito efetiva devido ao fato do núcleo ser recente, não ter mão de obra suficiente, e ainda não ter instrumentos e materiais necessários, e nem manuais de instruções ou mesmo levantamento de dados em geral.

A fim de contribuir com o avanço da área de manutenção e possibilitar maior segurança aos trabalhadores e à universidade, ao final deste trabalho é fornecido à Prefeitura um manual com os procedimentos de manutenção preventiva, passo a passo, para as subestações de consumidor de média tensão da UnB.

CAPÍTULO 4 – MANUTENÇÃO PREVENTIVA EM SUBESTAÇÕES DA UnB

4.1 ASPECTOS GERAIS

Em continuidade com o que foi dito anteriormente, neste capítulo serão detalhados os procedimentos para se realizar manutenções preventivas nas subestações de consumidor. Também será estruturado um manual a parte a ser entregue ao núcleo responsável por essas atividades na prefeitura da Universidade de Brasília. O manual contém o Procedimento Operacional Padrão – POP para cada intervenção de manutenção preventiva.

Segundo a NR10, item 10.11.1:

Os serviços em instalações elétricas devem ser planejados e realizados em conformidade com procedimentos de trabalho específicos, padronizados, com descrição detalhada de cada tarefa, passo a passo, assinados por profissional que atenda ao que estabelece o item 10.8 desta NR.

O item 10.8 explicita, entre outras coisas, as diferenças entre profissional habilitado, qualificado, capacitado e autorizado da seguinte forma:

10.8.1 É considerado trabalhador qualificado aquele que comprovar conclusão de curso específico na área elétrica reconhecido pelo Sistema Oficial de Ensino.

10.8.2 É considerado profissional legalmente habilitado o trabalhador previamente qualificado e com registro no competente conselho de classe.

10.8.3 É considerado trabalhador capacitado aquele que atenda às seguintes condições, simultaneamente:

a) receba capacitação sob orientação e responsabilidade de profissional habilitado e autorizado; e

b) trabalhe sob a responsabilidade de profissional habilitado e autorizado.

10.8.3.1 A capacitação só terá validade para a empresa que o capacitou e nas condições estabelecidas pelo profissional habilitado e autorizado responsável pela capacitação.

10.8.4 São considerados autorizados os trabalhadores qualificados ou capacitados e os profissionais habilitados, com anuência formal da empresa (...).

De acordo com o Conselho Federal de Engenharia e Agronomia (CONFEA), pela Decisão Normativa nº 057, de 6 outubro 1995, fica decidido que:

Art. 1º - Estão obrigadas ao registro nos CREAs as pessoas físicas e jurídicas que prestam serviços de manutenção em subestação de energia elétrica.

Art. 2º - As atividades de manutenção de subestação de energia elétrica deverão ser executadas através de pessoa jurídica devidamente registrada nos CREAs, sob a responsabilidade técnica de profissional da área de Engenharia Elétrica.

Art. 3º - As atividades de manutenção de subestações de energia elétrica deverão ser executadas por profissionais Engenheiro Eletricista (com atribuições do Art. 33, do Decreto Federal nº 23.569/33, Engenheiro Eletricista (Modalidade Eletrotécnica ou Eletrônica, de conformidade com a Resolução nº 218/73), Engenheiro de Operação - Modalidade Eletrotécnica (com atribuições do Art. 22 da Resolução nº 218/73-CONFEA), Técnico de Nível Superior ou Tecnólogo, Modalidade Eletrotécnica (com atribuições do Art. 23 da Resolução nº 218/73-CONFEA), Técnico de 2º Grau, Modalidade Eletrotécnica (com atribuições do Art. 24 da Resolução nº 218/73-CONFEA, combinado com o inciso 4.3., do item 4., do Art. 2º, da Resolução nº 262/79 - CONFEA).

Parágrafo único - Os profissionais Engenheiro de Operação, Técnico de Nível Superior ou Tecnólogo e Técnico de 2º Grau ficam limitados à tensão máxima de 13,8 kV, inclusive, para exercerem as atividades de manutenção de subestação de energia elétrica, sem a supervisão de Engenheiro Eletricista, acima da tensão máxima de 13,8 kV, somente deverão exercer com a supervisão do Engenheiro Eletricista.

Portanto, consoante à NR10 e à Decisão Normativa nº 057 do CONFEA, é necessária a descrição detalhada de cada atividade a ser realizada na instalação elétrica (no caso, manutenção preventiva das subestações da universidade) documentada e assinada por profissional habilitado, sendo obrigatório o registro no CREA para tal profissional.

Como as subestações da UnB operam em 13,8 kV, é permitido que os profissionais Engenheiro de Operação, Técnico de Nível Superior ou Tecnólogo e Técnico de 2º Grau exerçam as atividades de manutenção sem a supervisão de um engenheiro eletricista. Ainda segundo a NR10, item 10.7.3, todo serviço em instalações elétricas em AT (acima de 1000 V em corrente alternada) deve ser executado por pelo menos duas pessoas.

4.2 MANUTENÇÃO PREVENTIVA EM EQUIPAMENTOS DE SUBESTAÇÕES

A manutenção preventiva em subestações tem por objetivo manter a subestação em uma condição de funcionamento satisfatória, reduzindo a probabilidade da ocorrência de falhas em seus equipamentos. De acordo com a apostila da empresa GCM MEL Engenharia e Serviços Elétricos LTDA⁴, dentre as falhas mais comuns que podem ser evitadas por meio da manutenção preventiva, estão:

- Mau contato devido a conexões frouxas;
- Mau funcionamento dos mecanismos de manobra ou baixa resistência de isolamento;
- Falta de ajuste em chaves seccionadoras;
- Danos a transformadores devido à falta de óleo ou baixa isolação do mesmo;
- Problemas diversos, como testes insatisfatórios.

Os procedimentos de manutenção preventiva são divididos de acordo com o equipamento a ser analisado. Abaixo são listados os equipamentos e os procedimentos a serem seguidos, baseados também na apostila da empresa GCM MEL Engenharia e Serviços Elétricos LTDA, contudo é imprescindível verificar o manual dos fabricantes, pois os procedimentos abaixo são gerais e cada fabricante pode ter um procedimento específico.

A manutenção preventiva dos equipamentos foi dividida em:

- Inspeção Visual – correspondendo à verificação feita apenas com o olhar sem necessidade de tocar os equipamentos, procurando assim por problemas superficiais;
- Ações Preventivas – ações para reduzir a probabilidade de problemas menos perceptíveis; e
- Testes – verificações por meio de medições para conferir se o equipamento ainda está em boas condições.

Todos os procedimentos descritos nos tópicos “Ações preventivas” e “Testes” exigem o desligamento do equipamento como procedimento de segurança. Além disso, serão levados em consideração apenas equipamentos de média tensão, não

⁴ Disponível em <http://gcmmel.com.br/pdf/apostila%20manutencao%20de%20subestacao.pdf>

serão abordados os equipamentos de baixa tensão, uma vez que estes são tratados em trabalho feito concomitante a este, de título “Manutenção Corretiva em Instalações de Baixa Tensão na Universidade de Brasília em Conformidade com a NR10”.

4.2.1 Manutenção preventiva de para-raios de linha:

- ⇒ Inspeção visual:
 - Inspeção geral do estado de conservação.
- ⇒ Ações preventivas:
 - Verificação do aperto correto dos parafusos das conexões e da integridade da cordoalha de aterramento e do suporte de fixação;
 - Limpeza do para-raio.
- ⇒ Testes: Não há necessidade de realizar testes em para-raios de linha classe 15 kV.

4.2.2 Manutenção preventiva de fusíveis de média tensão:

- ⇒ Inspeção visual:
 - Inspeção geral do estado de conservação.
- ⇒ Ações preventivas:
 - Verificação do aperto correto dos parafusos das conexões e a integridade do fusível;
 - Limpeza do fusível.
- ⇒ Testes: não há necessidade de realizar testes em fusíveis de média tensão.

4.2.3 Manutenção preventiva de chaves seccionadoras:

- ⇒ Inspeção visual:
 - Inspeção geral do estado de conservação;
 - Verificação da necessidade de substituição de contatos danificados ou corroídos;
 - Verificação dos cabos de entrada e saída, além do cabo de aterramento.

- Verificação dos ajustes dos batentes e das chaves de fim de curso (se houver);
 - Verificação do funcionamento dos controles locais e da operação manual;
 - Verificação de ajustes, alinhamento e simultaneidade de operação das fases.
- ⇒ Ações preventivas:
- Limpeza dos contatos e aplicação de lubrificante na superfície do contato;
 - Limpeza de isoladores;
 - Lubrificação dos principais rolamentos e articulações;
 - Lubrificação e regulagem do mecanismo de acionamento;
 - Verificação do aperto correto dos parafusos das conexões.
- ⇒ Testes:
- Manobras de abertura e fechamento das chaves;
 - Medição da resistência dos contatos;
 - Medição da resistência de isolamento.

4.2.4 Manutenção preventiva de transformadores de instrumentos (transformadores de corrente e de potencial – TC e TP):

- ⇒ Inspeção visual:
- Inspeção do estado geral de conservação: observar se não há trincamentos ou indícios de vazamento;
- ⇒ Ações preventivas:
- Limpeza de isoladores;
 - Verificação do aperto correto dos parafusos das conexões.
- ⇒ Testes:
- Medição de resistência de isolamento.

4.2.5 Manutenção preventiva de disjuntores a óleo:

⇒ Inspeção visual:

- Inspeção do estado geral de conservação;
- Verificação dos isoladores;
- Verificação do nível do óleo dos polos;
- Verificação de vazamento de óleo.

⇒ Ações preventivas:

- Limpeza e lubrificação do dispositivo de acionamento;
- Limpeza e lubrificação dos contatos;
- Limpeza e revisão dos isoladores;
- Verificação do aperto correto dos parafusos das conexões.

⇒ Testes:

- Manobras de abertura e fechamento do disjuntor;
- Medição da resistência de contato;
- Medição da resistência de isolamento.

4.2.6 Manutenção preventiva de transformadores de potência a óleo:

⇒ Inspeção visual:

- Inspeção do estado geral de conservação;
- Verificação da existência de vazamentos de óleo;
- Verificação de: aterramento, vedações, conexões, nível do ruído, nível do líquido isolante, temperatura.
- Verificação da vibração do tanque e das aletas dos radiadores.

⇒ Ações preventivas:

- Limpeza de buchas, radiadores, tanques;
- Verificação do aperto correto dos parafusos das conexões.

⇒ Testes:

- Relação do número de espiras;

- Medição da resistência de isolamento;
- Medição da resistência dos enrolamentos;

4.2.7 Manutenção preventiva de transformadores de potência a seco:

⇒ Inspeção visual:

- Inspeção do estado geral de conservação;
- Verificação do aterramento e nível do ruído;
- Verificação das entradas e saídas de ar.

⇒ Ações preventivas:

- Limpeza do transformador;
- Verificação do aperto correto dos parafusos das conexões.

⇒ Testes: não há necessidade de realizar testes nos transformadores a seco.

4.2.8 Manutenção preventiva de barramentos:

⇒ Inspeção visual:

- Inspeção do estado geral de conservação;
- Verificação das junções elétricas;
- Verificar se as cargas das linhas estão de acordo com a corrente esperada para o barramento.

⇒ Ações preventivas:

- Limpeza de barramentos e de isoladores;
- Verificação do aperto correto dos parafusos das conexões.

⇒ Testes:

- Medição da resistência de isolamento.

4.2.9 Manutenção preventiva de cabos elétricos:

⇒ Inspeção visual:

- Inspeção do estado geral de conservação;

- Verificação das junções elétricas.
- ⇒ Ações preventivas:
 - Limpeza dos cabos;
 - Verificação do aperto correto das conexões.
- ⇒ Testes: não há necessidade de realizar testes nos cabos elétricos classe 15 kV.

4.2.10 Manutenção preventiva de muflas:

- ⇒ Inspeção visual:
 - Inspeção geral do estado de conservação.
- ⇒ Ações preventivas:
 - Verificação do aperto correto dos parafusos das conexões;;
 - Limpeza das muflas.
- ⇒ Testes: não há necessidade de realizar testes nas muflas terminais.

4.2.11 Manutenção preventiva de relés:

Considerando que os relés apresentam modelos variados de diversos fornecedores, sua manutenção não é aqui tratada, haja vista que deve atender as prescrições específicas de seu fabricante. Portanto, é imperativo que seja observado o manual de cada relé, com sua particular rotina de manutenção.

A manutenção corretiva pode surgir após a preventiva caso seja encontrada alguma irregularidade. A corretiva consiste na reparação ou substituição de qualquer componente defeituoso de qualquer dos equipamentos citados, exigindo também a desenergização do sistema. Assim como na manutenção preventiva, na corretiva também existem riscos potenciais e medidas de controle, sendo todos aqueles aplicados à manutenção preventiva. No próximo capítulo serão apresentados esses riscos e medidas de controle referentes a cada passo presente na manutenção.

É recomendado que seja realizada a manutenção preventiva concomitante de todos os equipamentos que necessitem do circuito desligado, para assim reduzir o período de indisponibilidade de energia.

Conforme o item 10.5.1 NR10, serão consideradas desenergizadas as instalações elétricas liberadas para trabalho, mediante os procedimentos apropriados, obedecida a sequência a seguir:

- a) Seccionamento: abrir efetivamente o circuito;
- b) Impedimento de reenergização: travar por meios mecânicos um dispositivo de manobra, de forma a impedir uma operação não autorizada.
- c) Constatação da ausência de tensão: testar a ausência de tensão em cada uma das fases por meio de instrumento apropriado;
- d) Instalação de aterramento temporário com equipotencialização dos condutores dos circuitos: manter durante toda a intervenção uma ligação elétrica intencional dos condutores de fase a um potencial de terra;
- e) Proteção dos elementos energizados existentes na zona controlada: verificar se existem circuitos energizados nas proximidades da intervenção, e, se for o caso, instalar uma proteção isolante;
- f) Instalação da sinalização de impedimento de reenergização: utilizar etiquetas e avisos de segurança.

Em referência ao item d) citado, o aterramento, ato de ligar o equipamento à terra, é um procedimento de segurança fundamental para a manutenção de equipamentos de subestações, pois ele protege contra possíveis energizações como descargas atmosféricas, tensão estática ou induzida, e eventuais energizações acidentais.

Uma vez concluído o trabalho, é necessário seguir os seguintes procedimentos para a reenergização, segundo o item 10.5.2 da NR10:

- a) Retirada das ferramentas, utensílios e equipamentos;
- b) Retirada da zona controlada de todos os trabalhadores não envolvidos no processo de reenergização;
- c) Remoção do aterramento temporário, da equipotencialização e das proteções adicionais;
- d) Remoção da sinalização de impedimento de reenergização;
- e) Destravamento, se houver, e religação dos dispositivos de seccionamento.

4.3 MANUTENÇÃO PREDITIVA EM EQUIPAMENTOS DE SUBESTAÇÕES

A manutenção preditiva é uma extensão da manutenção preventiva. Elas têm o mesmo princípio básico: reduzir a probabilidade de problemas. Contudo, a proposta da manutenção preditiva é fazer o monitoramento regular das condições de operação e de rendimento dos equipamentos, de forma a se obter a maximização dos intervalos entre reparos por quebras (manutenção corretiva) e reparos programados (manutenção preventiva).

Dentre as atividades referentes à manutenção preditiva, as mais usadas para subestações são termografia e análises do óleo de isolamento.

A termografia é, por definição, uma técnica de ensaio não destrutivo que permite o sensoriamento remoto de pontos ou superfícies aquecidas por meio da radiação infravermelha, ou seja, permite medir a temperatura de um ponto ou componente a distância por meio da radiação infravermelha. Em geral, temperaturas elevadas (acima do esperado) são potenciais de falha de um componente, então ações preventivas são recomendadas.

Em sistemas elétricos, a manutenção preditiva via termografia tem como função detectar anormalidades térmicas devido à relação entre a corrente e o aumento da resistência ôhmica dos componentes. Os pontos quentes em circuitos elétricos são causados pela deficiência de contato entre componentes, corrosão ou oxidação, excesso de carga ou defeito de componentes.

A análise é feita utilizando um termógrafo para medir as temperaturas dos componentes das subestações. Caso algo esteja com uma temperatura acima da esperada, são necessárias ações preventivas, como limpeza e verificação do aperto dos parafusos, além de inspecionar o estado geral do equipamento, principalmente na região que apresentar maior temperatura. Após as ações preventivas, deve-se verificar novamente com o termógrafo se a temperatura voltou ao seu estado normal, sem sobreaquecimento. Caso isso não aconteça, serão necessárias manutenções corretivas para o conserto, ou mesmo a substituição do equipamento.

Outra atividade importante relativa à manutenção preditiva é a análise da qualidade do óleo de isolamento dos equipamentos. Este óleo tem função de refrigeração e isolamento elétrico, logo ele precisa estar em boas condições para que o equipamento não seja danificado. Para um óleo ser considerado em boas condições, ele precisa atender a alguns critérios, logo é fundamental a realização de alguns ensaios feitos a partir de amostras de óleo, sendo eles:

- Índice de perdas dielétricas;
- Rigidez dielétrica;
- Índice de Neutralização (acidez);
- Teor de água;
- Cromatografia (gases dissolvidos);
- Cor;
- Tensão superficial;
- Densidade.

Como essas amostras são analisadas em laboratório específico e tal laboratório não existe na UnB, não foi feito um estudo mais detalhado sobre cada um dos ensaios, uma vez que o laboratório estará encarregado de todas as análises. É possível que a própria universidade faça a coleta do óleo para levar ao laboratório, reduzindo assim os custos relativos a esse procedimento. Nesse caso, no Anexo 1 é apresentado o procedimento para se recolher esse óleo de acordo com a empresa WEG. Recomenda-se também que os testes sejam feitos em laboratório da distribuidora de energia elétrica ou em algum laboratório de confiança da universidade.

No Apêndice 4 é apresentado um plano com o resumo das atividades de manutenção preventiva e preditiva a serem realizadas nas subestações, bem como a frequência com que devem ser executadas, tendo por base pesquisas realizadas em manuais de vários fabricantes.

Quando se realizar um teste, deve-se comparar o resultado esperado com o obtido, e este deve estar dentro de um limite aceitável determinado pelo fabricante do equipamento.

Sempre que houver, seguir as orientações do fabricante, tanto em relação aos procedimentos quanto em relação à frequência da manutenção, pois todo este trabalho de conclusão de curso, juntamente com seus apêndices, apresenta apenas uma referência, com o objetivo de orientar a execução dos trabalhos, não abrangendo, portanto, todas as situações possíveis, não imputando responsabilidade parcial ou total, aos elaboradores do mesmo, a desvios ou omissões às boas práticas de serviços e cuidados com o meio ambiente.

CAPÍTULO 5 – SEGURANÇA NOS PROCEDIMENTOS DE MANUTENÇÃO DAS SUBESTAÇÕES DA UNB

5.1 RISCOS AMBIENTAIS

Ao se tratar de subestações é necessário estar sempre atento, pois, devido ao fato de operadores trabalharem com energia elétrica em tensões muito elevadas, qualquer descuido pode ser fatal. Mesmo a atenção sendo extremamente significativa, ainda há outros recursos muito importantes para aumentar a segurança, como equipamentos de proteção individual e coletivo; manuais de procedimento e segurança indicando o passo a passo das atividades; e normas regulamentadoras, em especial a NR10. Cada um desses itens contribui significativamente para a segurança nos trabalhos envolvendo subestações.

Como existem diversas classificações de subestação, serão apresentadas as atividades de manutenção referentes apenas às subestações que existem no *campus* Darcy Ribeiro, ou seja, subestações de consumidor em média tensão classe 15 kV internas e externas. Para cada atividade são apresentados riscos e prevenções a fim de alertar o trabalhador que irá realizar tais atividades.

De acordo com o Centro de Treinamento INBEP, os agentes ambientais ou riscos ambientais são substâncias ou elementos presentes no ambiente de trabalho que, se não forem controlados de maneira correta, podem ocasionar problemas à saúde dos trabalhadores. Eles são divididos em 5 categorias: riscos químicos, físicos, biológicos, ergonômicos e de acidentes.

- Riscos físicos: são aqueles devidos às diversas formas de energia decorrentes de equipamentos e processos produtivos que podem causar acidentes ou doenças no trabalho, como ruído, calor e umidade.

Tabela 5.1: Riscos físicos.

Riscos Físicos	Consequências
Ruído	Cansaço, irritação, dores de cabeça, diminuição da audição, aumento da pressão arterial, problemas do aparelho digestivo, taquicardia e perigo de infarto.
Vibrações	Cansaço, irritação, dores nos membros, dores na coluna, doença do movimento, artrite, problemas digestivos, lesões ósseas, lesões dos tecidos moles, lesões circulatórias, etc.
Calor	Taquicardia, aumento de pulsação, cansaço, irritação, choque térmico, fadiga térmica, perturbações das funções digestivas, hipertensão, etc.
Radiação ionizante	Alterações celulares, câncer, fadiga, problemas visuais, acidentes de trabalho.
Radiação não-ionizante	Queimaduras, lesões nos olhos, na pele e nos outros órgãos.
Umidade	Doenças do aparelho respiratório, quedas, doenças na pele, doenças circulatórias.
Frio	Fenômenos vasculares periféricos, doenças do aparelho respiratório, queimaduras pelo frio.

Fonte: <http://www.if.ufrgs.br/~mittmann/NR-9_BLOG.pdf>.

- Riscos químicos: são as substâncias, compostos ou produtos que possam ser inalados, ingeridos ou absorvidos de alguma forma pelo organismo, como gases, poeira, substâncias químicas em geral, causando problemas à saúde do trabalhador.

Tabela 5.2: Riscos químicos.

Riscos Químicos	Consequências
Poeiras minerais Ex.: sílica, asbesto, carvão, minerais	Silicose (quartzo), asbestose (amianto) e pneumoconiose dos minérios de carvão
Poeiras vegetais Ex.: algodão, bagaço de cana-de-açúcar	Bissinose (algodão), bagaçose (cana-de-açúcar), etc.
Poeiras alcalinas Ex.: calcário	Doença pulmonar obstrutiva crônica e enfisema pulmonar
Fumos Metálicos	Doença pulmonar obstrutiva crônica, febre de fumos metálicos e intoxicação específica, de acordo com o metal.
Névoas, gases e vapores (compostos ou produtos químicos em geral)	Irritação das vias aéreas superiores. Ex.: ácido clorídrico, ácido sulfúrico, etc. Dores de cabeça, náuseas, sonolência. Ex.: nitrogênio, hélio, etc. Ação depressiva sobre o sistema nervoso, danos a diversos órgãos, etc. Ex.: butano, propano, etc.

Fonte: <http://www.if.ufrgs.br/~mittmann/NR-9_BLOG.pdf>.

- Riscos Biológicos: são os diversos tipos de micro-organismos que possam infectar o indivíduo por vias respiratórias, ingestão ou contato com a pele.

Tabela 5.3: Riscos biológicos.

Riscos Biológicos	Consequências
Vírus, bactérias e protozoários	Doenças infectocontagiosas. Ex.: hepatite, cólera, amebíase, AIDS, tétano, etc.
Fungos e bacilos	Infecções variadas externas (na pele, ex.: dermatites) e internas (ex.: doenças pulmonares).
Parasitas	Infecções cutâneas ou sistêmicas, podendo causar contágio.

Fonte: <http://www.if.ufrgs.br/~mittmann/NR-9_BLOG.pdf>

- Riscos ergonômicos: são as atividades causadoras de estresse físico e/ou psíquico, como esforço físico intenso, exigência de postura inadequada, repetitividade.

Tabela 5.4: Riscos ergonômicos.

Riscos Ergonômicos	Consequências
Esforço físico, levantamento e transporte manual de pesos, exigências de postura	Cansaço, dores musculares, fraquezas, hipertensão arterial, diabetes, úlcera, doenças nervosas, acidentes e problemas da coluna vertebral.
Ritmos excessivos, trabalho de turno e noturno, monotonia e repetitividade, jornada prolongada, controle rígido de produtividade, outras situações (conflitos, ansiedade, responsabilidade)	Cansaço, dores musculares, fraquezas, alterações do sono e da libido e da vida social, com reflexos na saúde e no comportamento, hipertensão arterial, taquicardia, cardiopatia (angina, infarto), diabetes, asma, doenças nervosas, doenças do aparelho digestivo (gastrite, úlcera, etc.), tensão, ansiedade, medo, comportamentos estereotipados.

Fonte: <http://www.if.ufrgs.br/~mittmann/NR-9_BLOG.pdf>.

- Riscos de acidentes: são os riscos inerentes ao ambiente físico e do processo de trabalho, como arranjo físico inadequado, máquinas e equipamentos inadequados, eletricidade, probabilidade de incêndio ou explosão.

Tabela 5.5: Riscos de acidente.

Riscos de Acidente	Consequências
Arranjo físico inadequado	Acidentes e desgaste físico excessivo
Máquinas sem proteção	Acidentes graves
Iluminação deficiente	Fadiga, problemas visuais e acidentes de trabalho
Ligações elétricas deficientes	Curto-circuito, choque elétrico, incêndio, queimaduras, acidentes fatais
Armazenamento inadequado	Acidentes por estocagem de materiais sem observação das normas de segurança
Ferramentas defeituosas ou inadequadas	Acidentes, principalmente com repercussão nos membros superiores
Equipamentos de proteção individual inadequados	Acidentes e doenças profissionais
Animais peçonhentos (escorpiões, aranhas, cobras)	Acidentes por animais peçonhentos

Fonte: <http://www.if.ufrgs.br/~mittmann/NR-9_BLOG.pdf>.

5.2 RISCOS POTENCIAIS E SUAS RESPECTIVAS MEDIDAS DE CONTROLE NOS PROCEDIMENTOS DE MANUTENÇÃO PREVENTIVA

Em toda atividade trabalhista existe algum risco ambiental atrelado a ela, e trabalhos em subestações contam com níveis de risco bastante elevados. Sempre que se fizer um planejamento para a realização de uma atividade perigosa é necessário fazer uma análise de riscos prévia, para reduzir assim os perigos inerentes ao trabalho. A seguir é apresentada uma análise prévia referente a possíveis riscos encontrados ao se realizar cada procedimento de manutenção dos equipamentos tratados neste trabalho, sendo as tabelas montadas com base em informações da Análise Preliminar de Riscos da Companhia de Energia de Brasília (CEB), Procedimentos de Execução da Companhia Energética do Ceará (COELCE) e do Plano Mínimo de Manutenção da ANEEL:

5.2.1 Para-raios de Linha:

Tabela 5.6: Riscos e medidas de controle para para-raios de linha.

	Procedimento	Riscos Potenciais	Medidas de Controle
INSPEÇÃO VISUAL	Inspeção do estado geral de conservação	Risco de acidente (presença de animais)	Certificar-se de inexistência de comunidades de insetos ou animais agressivos. Se houver, suspender a tarefa e providenciar a remoção
AÇÃO PREVENTIVA	Verificação do aperto correto dos parafusos das conexões e da integridade da cordoalha de aterramento e do suporte de fixação	Risco de acidente (lesão, choque elétrico)	Assegurar completa abertura do circuito
	Limpeza do para-raio de linha		

5.2.2 Fusíveis de Média Tensão:

Tabela 5.7: Riscos e medidas de controle para fusíveis de média tensão.

	Procedimento	Riscos Potenciais	Medidas de Controle
INSPEÇÃO VISUAL	Inspeção do estado geral de conservação	Risco de acidente (presença de animais)	Certificar-se de inexistência de comunidades de insetos ou animais agressivos. Se houver, suspender a tarefa e providenciar a remoção
AÇÃO PREVENTIVA	Verificação do aperto correto dos parafusos das conexões e a integridade do fusível	Risco de acidente (lesão, choque elétrico)	Assegurar completa abertura do circuito
	Limpeza do fusível		

5.2.3 Chaves Seccionadoras:

Tabela 5.8: Riscos e medidas de controle para chaves seccionadoras.

	Procedimento	Riscos Potenciais	Medidas de Controle
INSPEÇÃO VISUAL	Inspeção geral do estado de conservação	Risco de acidente (lesão, presença de animais)	Certificar-se de inexistência de comunidades de insetos ou animais agressivos. Se houver, suspender a tarefa e providenciar a remoção
	Verificação da necessidade de substituição de contatos danificados		
	Verificação dos cabos de entrada e saída, além do cabo de aterramento.		
	Verificação do funcionamento dos controles locais e da operação manual		
	Verificação dos ajustes dos batentes e das chaves de fim de curso (se houver)	Risco ergonômico (realização da atividade em postura incorreta)	Adotar postura correta na realização da atividade
	Verificação de ajustes, alinhamento e simultaneidade de operação das fases		
AÇÃO PREVENTIVA	Limpeza dos contatos e aplicação de lubrificante na superfície do contato	Risco de acidente (lesão, choque elétrico)	Assegurar completa abertura do circuito
	Limpeza de isoladores		
	Lubrificação do mecanismo de acionamento		
	Lubrificação dos principais rolamentos e articulações	Risco químico (contato com lubrificantes e inalação de resíduos)	EPI (respirados de ar não motorizado)
	Verificação do aperto correto das conexões em geral		
TESTE	Manobras de abertura e fechamento das chaves	Risco de acidente (choque elétrico)	Assegurar completa abertura do circuito
	Medição da resistência de contato		
	Medição da resistência de isolamento		

5.2.4 Transformador de corrente e transformador de potencial:

Tabela 5.9: Riscos e medidas de controle para transformadores de instrumentos.

	Procedimento	Riscos Potenciais	Medidas de Controle
INSPEÇÃO VISUAL	Inspeção do estado geral de conservação: observar se não há trincamentos ou indícios de vazamento	Risco físico (exposição a ruídos)	EPC (cercar o transformador de instrumento impossibilitando o fácil acesso a ele)
	Verificação do estado do material secante utilizado	Risco químico (contato com óleo e inalação de gases)	EPI (respirador de ar não motorizado, protetor auditivo)
AÇÃO PREVENTIVA	Limpeza de isoladores	Risco de acidente (lesão, choque elétrico)	Assegurar completa abertura do circuito
	Verificação do aperto correto dos parafusos das conexões		
	Reposição de óleo	Risco químico (contato e inalação de resíduos de óleo)	EPI (respirador de ar não motorizado)
TESTE	Medição de resistência de isolamento	Risco de acidente (choque elétrico)	Assegurar completa abertura do circuito

5.2.5 Disjuntores:

Tabela 5.10: Riscos e medidas de controle para disjuntores.

	Procedimento	Riscos Potenciais	Medidas de Controle
INSPEÇÃO VISUAL	Inspeção do estado geral de conservação;	Risco físico (exposição a ruídos)	EPI (respirador de ar não motorizado, protetor auditivo)
	Revisão dos isoladores;		
	Verificação do nível do óleo dos pólos	Risco de acidente (presença de animais)	Certificar-se de inexistência de comunidades de insetos ou animais agressivos. Se houver, suspender a tarefa e providenciar a remoção
	Verificação de vazamento de óleo	Risco químico (contato e inalação de resíduos de óleo)	
AÇÃO PREVENTIVA	Limpeza e lubrificação do dispositivo de acionamento	Risco químico (contato com resíduos e lubrificantes)	EPI (respirador de ar não motorizado)
	Limpeza e lubrificação dos contatos		
	Limpeza de isoladores		
	Verificação do aperto dos parafusos das conexões	Risco de acidente (lesão, choque elétrico)	Assegurar completa desenergização do sistema
TESTE	Manobras de abertura e fechamento do disjuntor	Risco de acidente (choque elétrico)	Assegurar completa desenergização do sistema
	Medição da resistência de contato		
	Medição da resistência do isolamento		

5.2.6 Transformador de potência a óleo:

Tabela 5.11: Riscos e medidas de controle para transformadores de potência a óleo.

	Procedimento	Riscos Potenciais	Medidas de Controle
INSPEÇÃO VISUAL	Inspeção do estado geral de conservação	Risco de acidente (presença de animais)	EPI (respirador de ar não motorizado, protetor auditivo)
	Verificação da existência de vazamentos de óleo	Risco químico (contato com óleo e inalação de resíduos)	
	Verificação da vibração do tanque e das aletas dos radiadores	Risco físico (vibrações e ruídos)	Certificar-se de inexistência de comunidades de insetos ou animais agressivos. Se houver, suspender a tarefa e providenciar a remoção
	Verificação de: aterramento, vedações, conexões, pressão, nível do ruído, nível do líquido isolante, nível do óleo, temperatura.		
AÇÃO PREVENTIVA	Limpeza de buchas, radiadores e tanques	Riscos químicos (contato e inalação dos resíduos sendo retirados)	EPI (respirador de ar não motorizado)
	Verificação do aperto correto dos parafusos das conexões	Risco de acidente (lesão, choque elétrico)	Assegurar completa abertura do circuito
TESTE	Medição da relação do número de espiras	Risco de acidente (choque elétrico)	Assegurar completa abertura do circuito
	Medição da resistência de isolamento		
	Medição da resistência dos enrolamentos	Risco químico (contato com óleo e inalação de resíduos)	EPI (respirador de ar não motorizado)

5.2.7 Transformador de potência a seco:

Tabela 5.12: Riscos e medidas de controle para transformadores de potência a seco.

	Procedimento	Riscos Potenciais	Medidas de Controle
INSPEÇÃO VISUAL	Inspeção do estado geral de conservação	Risco de acidente (presença de animais)	Certificar-se de inexistência de comunidades de insetos ou animais agressivos. Se houver, suspender a tarefa e providenciar a remoção
	Verificação das entradas e saídas de ar		
	Verificação do aterramento e nível do ruído	Risco físico (vibrações e ruídos)	EPI (protetor auditivo)
AÇÃO PREVENTIVA	Limpeza do transformador	Risco de acidente (lesão, choque elétrico)	Assegurar completa abertura do circuito
	Verificação do aperto correto dos parafusos das conexões		

5.2.8 Barramentos:

Tabela 5.13: Riscos e medidas de controle para barramentos.

	Procedimento	Riscos Potenciais	Medidas de Controle
INSPEÇÃO VISUAL	Inspeção do estado geral de conservação	Risco de acidente (presença de animais)	Certificar-se de inexistência de comunidades de insetos ou animais agressivos. Se houver, suspender a tarefa e providenciar a remoção
	Verificação das junções elétricas		
	Verificar se as cargas das linhas estão de acordo com a corrente esperada para o barramento		
AÇÃO PREVENTIVA	Limpeza de barramentos e isoladores	Risco de acidente (lesão, choque elétrico)	Assegurar completa abertura do circuito
	Verificação do aperto correto dos parafusos das conexões e dos encaixes mecânicos		
TESTE	Medição de resistência de isolamento	Risco de acidente (choque elétrico)	Assegurar completa abertura do circuito

5.2.9 Cabos elétricos:

Tabela 5.14: Riscos e medidas de controle para cabos elétricos.

	Procedimento	Riscos Potenciais	Medidas de Controle
INSPEÇÃO VISUAL	Inspeção do estado geral de conservação	Risco de acidente (presença de animais)	Certificar-se de inexistência de comunidades de insetos ou animais agressivos. Se houver, suspender a tarefa e providenciar a remoção
	Verificação das junções elétricas		
AÇÃO PREVENTIVA	Verificação do aperto correto das conexões	Risco de acidente (lesão, choque elétrico)	Assegurar completa abertura do circuito
	Limpeza dos cabos		

5.2.10 Muflas terminais:

Tabela 5.15: Riscos e medidas de controle para muflas elétricas.

	Procedimento	Riscos Potenciais	Medidas de Controle
INSPEÇÃO VISUAL	Inspeção do estado geral de conservação	Risco de acidente (presença de animais)	Certificar-se de inexistência de comunidades de insetos ou animais agressivos. Se houver, suspender a tarefa e providenciar a remoção
AÇÃO PREVENTIVA	Verificação do aperto correto das conexões	Risco de acidente (lesão, choque elétrico)	Assegurar completa abertura do circuito
	Limpeza das muflas		

Para todos os procedimentos que não sejam de inspeção visual, é necessário efetuar a desenergização completa do sistema, inclusive adicionando a sinalização de segurança para afastamento de pessoas não autorizadas. Os riscos de acidente descritos como “choque elétrico” são referentes, basicamente, a reenergizações acidentais, uma vez que é necessário o desligamento completo do sistema para as ações preventivas e testes. Contudo, por se tratar de uma subestação, o risco de choque elétrico é inerente a todas as atividades, logo é necessário um cuidado redobrado, inclusive durante inspeções visuais.

Para os “Testes”, recomenda-se anotar a temperatura ambiente e a umidade relativa do ar, pois ambos influenciam nas medições.

Nas tabelas supracitadas estão representados os equipamentos existentes nas subestações de consumidor da UnB. As atividades de manutenção foram divididas em “Inspeção visual”; “Ação preventiva” e “Teste”, enquanto a coluna “Procedimento” indica cada uma das atividades de manutenção preventiva descritas no capítulo 4. Sempre

que for realizada uma ação preventiva ou um teste, é necessário fazer uma inspeção visual antes, logo todos os riscos e medidas de controle referentes à inspeção visual também precisam ser levados em conta.

Para cada atividade foram analisados os “Riscos potenciais” (possíveis riscos ambientais) e o que pode ocasioná-los (gases, cortes, animais), bem como as “Medidas de Controle” necessárias para reduzir a probabilidade de que o risco se torne um acidente. As colunas “Riscos potenciais” e “Medidas de Controle” fazem referência a todas as atividades contidas em cada um dos itens “Inspeção visual”, “Ação preventiva” e “Teste”, sendo que a separação é feita por meio de bordas duplas. A termografia, tipo de ação preditiva, deve ser realizada juntamente com a inspeção visual para todos os equipamentos, logo os riscos potenciais e medidas de controle referentes à inspeção visual são aplicados também à termografia.

Na presença de qualquer característica que represente um risco não analisado, não esperado, ou não controlado, o trabalho programado deverá ser suspenso e somente deverá ser retomado uma vez que tal risco esteja controlado.

Em todos os procedimentos citados é obrigatório o uso do EPI completo, composto por capacete, óculos de segurança, luvas, detector de tensão, botas e estrado ou tapete isolante, logo ele não foi acrescido às tabelas. Entretanto para alguns casos um EPI complementar é necessário, este sim é apresentado nas colunas de “Medidas de Controle”.

Em relação aos procedimentos de manutenção corretiva (conserto e substituição de equipamentos), os riscos potenciais e medidas de controle são similares àqueles aplicáveis a todos os procedimentos de manutenção preventiva descritos nas tabelas citadas; e para os casos de subestações aéreas, deve-se levar em conta as particularidades do trabalho em altura descrito na NR35 – Trabalho em Altura.

Dentre as subestações da universidade, vale destacar a existência tanto de subestações internas quanto aéreas. Os procedimentos de manutenção preventiva são os mesmos referentes a todos os equipamentos em qualquer das subestações, contudo os riscos nas aéreas são mais graves, e nesse caso é recomendada apenas a realização de manutenção corretiva. Como a recomendação é da não realização de manutenção preventiva nas subestações aéreas, não serão tratados os procedimentos nem riscos atrelados a esta atividade, contudo serão apresentados os pré-requisitos para o trabalho em altura, de acordo com a NR35 – Trabalho em Altura.

Em subestações aéreas, segundo a NR35, é obrigatório efetuar a análise de riscos, bem como planejar as atividades e seguir os procedimentos operacionais. Além dos riscos inerentes ao trabalho indicados, a análise de riscos deve considerar também:

- a) O local em que os serviços serão executados e seu entorno;
- b) O isolamento e a sinalização no entorno da área de trabalho;
- c) O estabelecimento dos sistemas e pontos de ancoragem;
- d) As condições meteorológicas adversas;
- e) A seleção, inspeção, forma de utilização e limitação de uso dos sistemas de proteção coletiva e individual, atendendo às normas técnicas vigentes, às orientações dos fabricantes e aos princípios da redução do impacto e dos fatores de queda;
- f) O risco de queda de materiais e ferramentas;
- g) Os trabalhos simultâneos que apresentem riscos específicos;
- h) O atendimento aos requisitos de segurança e saúde contidos nas demais normas regulamentadoras;
- i) Os riscos adicionais;
- j) As condições impeditivas;
- k) As situações de emergência e o planejamento do resgate e os primeiros socorros, de forma a reduzir o tempo da suspensão inerte do trabalhador;
- l) A necessidade de sistema de comunicação;
- m) A forma de supervisão.

Somente podem exercer atividades em altura trabalhadores habilitados e capacitados para tal serviço, ou seja, aqueles que estejam aptos, autorizados, e tenham sido aprovados em curso de trabalho em altura, de pelo menos 8 horas, incluindo teoria e prática, que deve ser repetido a cada dois anos ou em casos de eventos que indiquem a necessidade de novos treinamentos.

Além dos equipamentos de proteção individual utilizados para a manutenção em subestações (capacete, óculos de segurança, luvas, detector de tensão, botas e estrado ou tapete isolante), também é necessário adicionar o EPI referente a trabalho em altura, sendo eles: cinturão de segurança tipo paraquedista, dispositivo trava-queda e talabarte de posicionamento.

5.3 DESCRIÇÃO PASSO A PASSO DAS ATIVIDADES PARA A MANUTENÇÃO PREVENTIVA DAS SUBESTAÇÕES DA UNB

Sempre que for programada alguma atividade a ser executada nas subestações, é necessário fazer um preparo prévio. O grupo responsável pela coordenação das atividades deve verificar a periodicidade das manutenções preventivas e elaborar ordens de serviço detalhadas. O corpo técnico, antes de sair para o trabalho, deve receber a ordem de serviço e analisá-la; planejar as atividades e separar os equipamentos necessários; verificar as condições dos equipamentos e dos trabalhadores; e ter conhecimento dos riscos prováveis. Uma vez na área de trabalho, é necessário fazer a análise de riscos e controlá-los, e então iniciar as atividades. Após o término das atividades, deve-se recolher todo material utilizado, retirar a sinalização da área de trabalho, e preencher o formulário referente ao serviço executado.

Como conclusão deste capítulo e atendendo ao objetivo principal deste trabalho de conclusão de curso, para que se atenda ao item 10.11.1 da NR10, foi desenvolvido um documento dividindo as atividades de manutenção preventiva em etapas passo a passo, indicando, inclusive, os procedimentos prévios à realização da manutenção em si. Este documento encontra-se dividido em duas partes, os Apêndices 5 e 6, apresentando respectivamente os passos prévios a qualquer atividade a ser realizada nas subestações; e os passos específicos referentes à manutenção preventiva dos equipamentos citados, bem como os riscos potenciais e medidas de controle relativos a cada passo.

CAPÍTULO 6 – CONSIDERAÇÕES FINAIS

A manutenção é uma atividade que evoluiu ao longo do tempo e tornou-se imprescindível, uma vez que sem ela a vida útil de qualquer equipamento se torna mínima. Tratando-se de subestações, que comportam equipamentos de alta longevidade, a manutenção preventiva é essencial, pois, mesmo não sendo vital para o funcionamento dos equipamentos, aumenta a durabilidade e a disponibilidade destes.

A Universidade de Brasília, por ser uma instituição fundada em 1962, possui tanto subestações daquela época, quanto subestações mais novas decorrentes de reformas e ampliações do campus. Com a criação da Prefeitura e de áreas responsáveis pela manutenção, esta atividade tornou-se segregada, criando-se, também, um núcleo específico para a manutenção elétrica. Por ser recente e não ter mão de obra suficiente, este núcleo ainda está em desenvolvimento, e, a fim de auxiliá-lo, como conclusão deste trabalho foi desenvolvido um manual passo a passo com procedimentos para atividades de manutenção preventiva nas subestações da UnB, bem como identificados os riscos e prevenções referentes a cada passo. Esse documento será entregue a esse núcleo de manutenção, para que dessa forma o item 10.11.1 da NR10 seja atendido e a universidade fique resguardada legalmente.

Este trabalho foi feito concomitante ao de título “Manutenção Corretiva em Instalações de Baixa Tensão na Universidade de Brasília em Conformidade com a NR10”, que tem como objetivo fornecer um documento detalhando passo a passo das atividades de manutenção em baixa tensão, a fim de atender ao item 10.11.1 da NR10. Estes trabalhos se completam a fim de subsidiar o núcleo de manutenção elétrica da prefeitura da Universidade de Brasília.

Como sugestões para trabalhos futuros, recomenda-se a confecção de um manual similar para as demais áreas de manutenção. Recomenda-se também a elaboração do diagrama unifilar da UnB, pois este é extremamente importante, embora inexistente. Por fim, recomenda-se a aquisição dos instrumentos necessários para a realização dos testes aqui previstos, além de aumentar a mão de obra para que todos os serviços possam ser executados.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT, Associação brasileira de normas técnicas. **NBR 14039 – Instalações elétricas de média tensão de 1,0 kV a 36,2 kV**, 2005.

ABNT, Associação brasileira de normas técnicas. **NBR 6462 – Confiabilidade e manutenibilidade**, 1994.

ABNT, Associação brasileira de normas técnicas. **NBR 5460 – Sistemas elétricos de Potência – Terminologia**, 1992.

ABNT, Associação brasileira de normas técnicas. **NBR 6935 – Secionador, chaves de terra e aterramento rápido**, 1985.

ANEEL, Agência Nacional de Energia Elétrica – **Plano Mínimo de Manutenção**. Disponível em: http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/audiencia/arquivo/2014/022/documento/anexo_-_plano_minimo_de_manutencao.pdf. Acesso: 19/06/2016.

ANEEL, Agência Nacional de Energia Elétrica – **Resolução Normativa nº 414**. Disponível em: <http://www.aneel.gov.br/documents/656877/14486448/bren2010414.pdf/3bd33297-26f9-4ddf-94c3-f01d76d6f14a?version=1.0>. Acesso em 19/06/2016.

Carreira Filipe, Silva Luís, Caneira Tiago – **Manutenção, Evolução e Sua Importância**. Lisboa, Instituto Superior Engenharia de Engenharia de Lisboa, Departamento de Engenharia Mecânica, 2010.

CEB, Companhia Energética de Brasília. **Análise Preliminar de Riscos**. Disponível em: <http://www.ceb.com.br/index.php/component/phocadownload/category/39-instrucoes-normativas-de-distribuicao?download=438:ind-002-2013-anexo-1-procedimentos-de-operacao-para-desenergizacao-manutencao-programada>. Acesso: 19/06/2016.

COELCE, Companhia Energética do Ceará – **Procedimento de Execução**. Disponível em: <http://www.etice.ce.gov.br/index.php/normas-e-manuais-de-infra-estrutura?download=402%3Anormas-tecnicas-coelce--procedimentos-de-execucao-pex-05122006-r-06>. Acesso: 19/06/2016.

Cury Netto, Wady Abraão – **A Importância e a Aplicabilidade da Manutenção Produtiva Total (TPM) Nas Indústrias**. Juíz de Fora, Universidade Federal de Juíz de Fora, 2008.

dos Reis, José M – **Instituto Nacional da Manutenção (Inaman)**. Disponível em: <<http://inamanbrasil.blogspot.com.br/2011/07/nr-10-historia-atualidade-e-consciencia.html>>. Acesso: 19/06/2016.

GCMMEEL Engenharia e Serviços Elétricos LTDA – **Apostila de Manutenção em Subestação**. Disponível em <<http://gcmmeel.com.br/pdf/apostila%20manutencao%20de%20subestacao.pdf>>. Acesso: 19/06/2016.

GEBRAN, Amaury Pessoa – **Manutenção e Operação de Equipamentos de Subestações**. Porto Alegre: Bookman, 2014.

Guelbert, Marcelo – **Estruturação de Gestão da Manutenção em uma empresa do segmento automotivo**. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Escola de Engenharia, 2004.

MIRSHAWKA, Victor; OLMEDO, Napoleão Lupes – **Manutenção, combate aos custos da não-eficácia, a vez do Brasil**. São Paulo, MAKRON Books: McGraw-Hill, 1993

MONCHY, François – **A Função Manutenção**. São Paulo: Durban, 1987.

Muzy, Gustavo Luiz Castro de Oliveira – **Subestações Elétricas**. Rio de Janeiro: UFRJ, Escola Politécnica, Departamento de Engenharia Elétrica, 2012.

NR, Norma Regulamentadora Ministério do Trabalho e Previdência Social. **NR-6 – Equipamento de Proteção Individual**, 2015.

NR, Norma Regulamentadora Ministério do Trabalho e Previdência Social. **NR-9 – Programa de Prevenção de Riscos Ambientais**, 2014.

NR, Norma Regulamentadora Ministério do Trabalho e Previdência Social. **NR-10 – Segurança em Instalações e Serviços em Eletricidade**, 2016.

NR, Norma Regulamentadora Ministério do Trabalho e Previdência Social. **NR-35 – Trabalho em Altura**, 2014.

PANCHKULA, Haryana India – **Substation Preventive Maintenance Manual**. New Delhi - Washington DC, 1998.

SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R. – **Administração da Produção**. São Paulo: Atlas, 2002.

WEG Equipamentos Elétricos S/A – **Manual de Transformador a Óleo até 400kVA**, 2010.

WEG Equipamentos Elétricos S/A – **Manual de Transformador a Seco**, 2010.

ANEXO 1 – COLETA DE AMOSTAS DE LÍQUIDOS ISOLANTES PARA TRANSFORMADORES (WEG – Transformador a Óleo até 4000kVA)

1) Definição:

Os líquidos isolantes são os fluidos com característica dielétrica, a base de óleo mineral ou produtos sintéticos, utilizados em transformadores com a finalidade de promover a remoção do calor gerado nas bobinas do equipamento.

2) Equipamentos necessários para a coleta:

Frasco para amostragem (frascos de vidro preto, limpo, com capacidade para 1 litro); dispositivo de amostragem; mangueira.

Limpeza dos Frascos de amostragem:

Os frascos que já foram usados, devem ser limpos de acordo com o seguinte procedimento:

- Retirar totalmente o óleo dos frascos;
- Lavar os frascos e as tampas com detergente neutro;
- Enxaguá-los com bastante água corrente comum;
- Deixar escorrer a água comum e enxaguar com água destilada;
- Secá-los na estufa em posição vertical a uma temperatura de $102 \pm 2^{\circ}\text{C}$ por um tempo mínimo de 12 horas;
- Deixar os frascos esfriarem em temperatura ambiente, em seguida fechá-los, tomando cuidado para não tocar com a mão a borda do frasco ou parte internada tampa que entrará em contato com o óleo.

3) Amostragem de Líquidos isolantes do Transformador: Recomendações

- a) Retirar as amostras preferencialmente em tempo seco e evitando qualquer contaminação externa; se o tempo estiver chuvoso devem ser tomadas as seguintes precauções:
- b) Se possível, o líquido deve estar no mínimo à mesma temperatura que o ar ambiente.

- c) Quando o equipamento estiver em operação, a temperatura do líquido na hora da amostragem deve ser anotada.
- d) Na ausência de qualquer indicação adicional, a válvula inferior ou orifício de drenagem (amostra do fundo) e a válvula superior ou de enchimento (amostra do topo) podem ser usadas.
- e) Com uso de mangueira, introduzi-la no transformador e retirar a amostra, tomando o cuidado para deixar escorrer uma pequena parte do óleo para limpeza da mangueira.

4) Procedimento para Amostragem pelo Orifício de Drenagem.

- a) Remover a proteção do dispositivo de drenagem.

Nota: No caso de o equipamento não possuir o orifício de drenagem ou amostragem de equipamentos abertos para inspeção, a amostragem deverá ser feita de acordo com o procedimento descrito no item 3) acima.

- b) Remover toda a sujeira e poeira visível da válvula com um tecido limpo e sem fiapos.
- c) Adaptar o dispositivo de amostragem no registro.
- d) Abrir a válvula e deixar fluir, vigorosamente, no mínimo três vezes o volume da tubulação.

Nota: Este procedimento não se aplica a equipamento com pequeno volume de óleo, para estes casos, o volume a retirar deve levar em consideração o nível de óleo do equipamento.

- e) Colocar o frasco embaixo do dispositivo de amostragem.
- f) Encher o frasco desprezando no mínimo um volume de líquido igual a capacidade do recipiente. Recomenda-se encher os frascos o máximo possível, levando-se em conta as variações de volume decorrentes de possíveis alterações de temperatura.
- g) Após enchidos os frascos, selá-los conforme descreve o item i).
- h) Enviá-los ao laboratório de análises identificados conforme o item 5) abaixo.
- i) Terminada a amostragem, tampar os frascos tomando cuidado para não tocar na área da tampa que ficará em contato com o líquido. Envolver a parte do

gargalo com o filme de plástico (cortado em círculo), apertar bem, passar fita crepe ao redor.

5) Identificação das amostras

- a) Numeração de série do transformador;
- b) Potência;
- c) Classe de tensão;
- d) Tipo de óleo;
- e) Cliente.

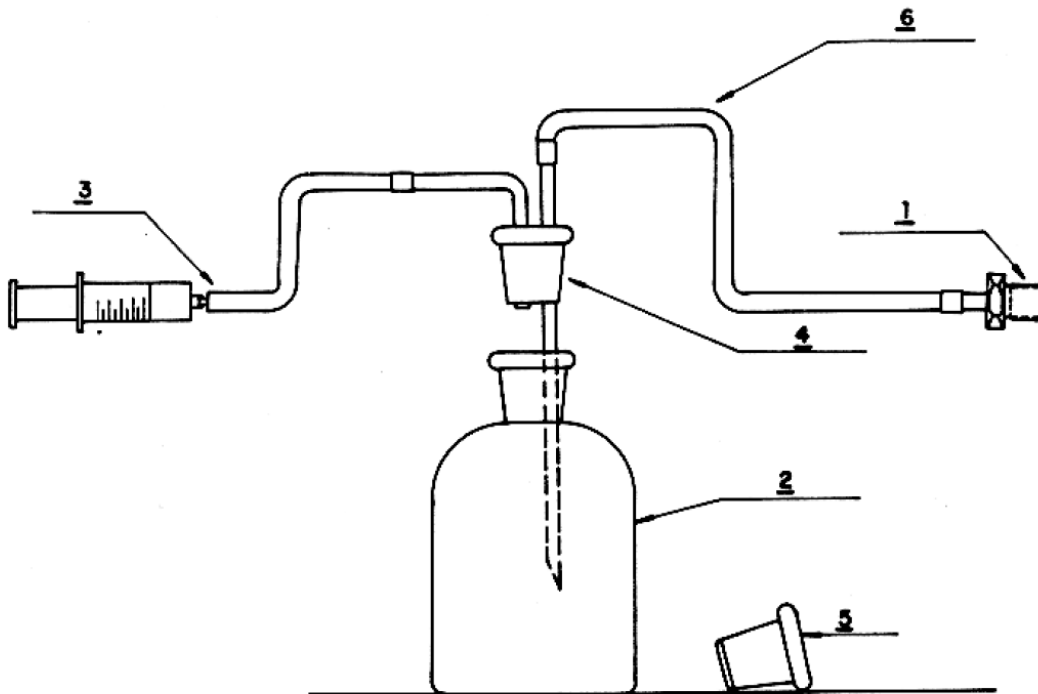


Figura AN1.1 – Dispositivo de amostragem

- 1. Conexão para o registro do equipamento;
- 2. Frasco de 1000 ml;
- 3. Seringa de 50 ml para ensaio cromatográfico;
- 4. Tubo e tampa de cobre ou de politetrafluoretileno (Teflon);
- 5. Tampa para frasco de 1000 ml;
- 6. Mangueira de plástico.

APÊNDICE 1 – IMAGENS DA SUBESTAÇÃO DO ICC NORTE



Figura AP1.1: Subestação do ICC Norte [1]



Figura AP1.2: Subestação do ICC Norte [2]



Figura AP1.3: Subestação do ICC Norte [3]



Figura AP1.4: Subestação do ICC Norte [4]



Figura AP1.5: Subestação do ICC Norte [5]



Figura AP1.6: Subestação do ICC Norte [6]

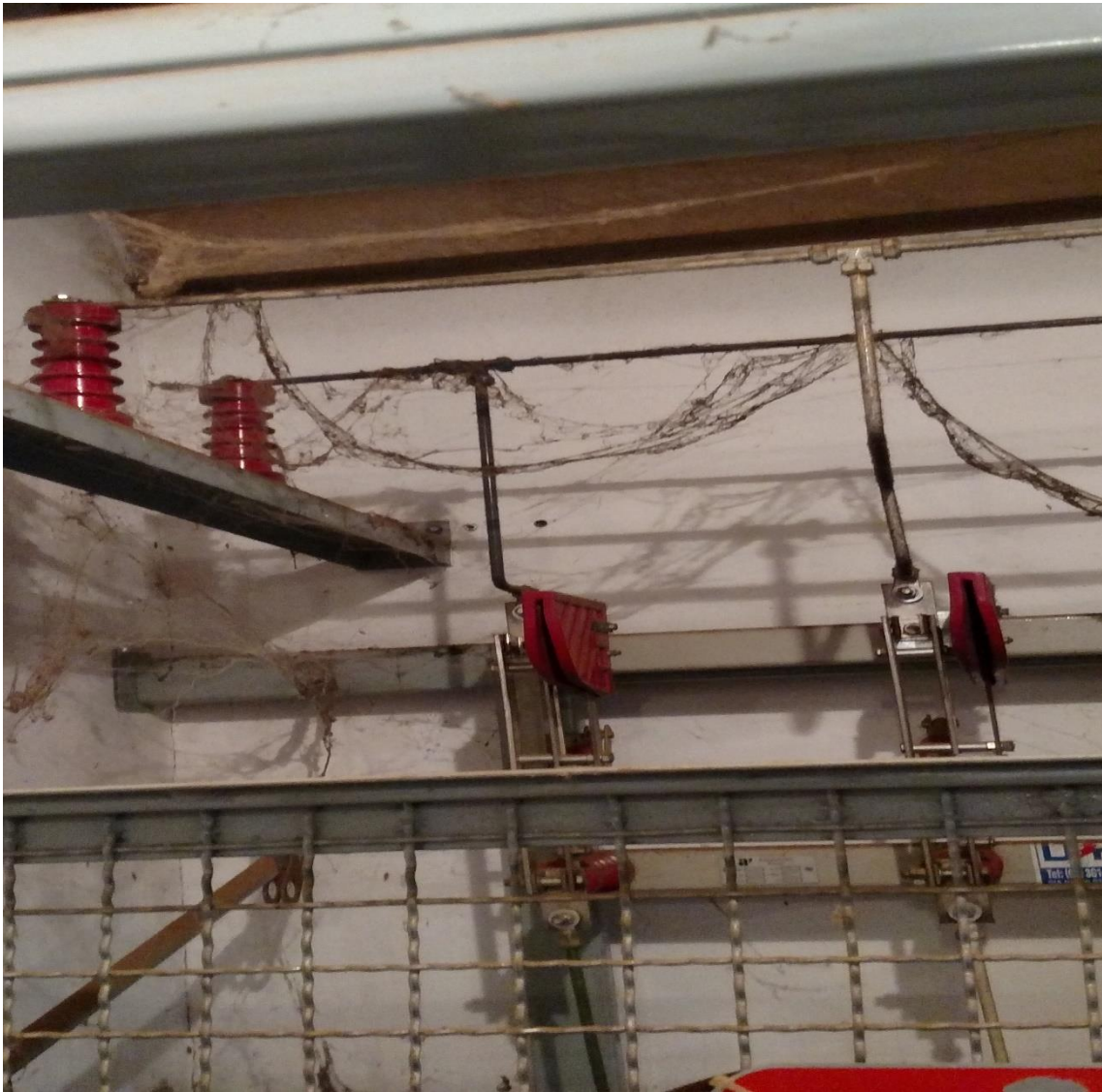


Figura AP1.7: Subestação do ICC Norte [7]

APÊNDICE 2 – IMAGENS DA SUBESTAÇÃO DA REITORIA



Figura AP2.1: Subestação da Reitoria [1]



Figura AP2.2: Subestação da Reitoria [2]



Figura AP2.3: Subestação da Reitoria [3]



Figura AP2.4: Subestação da Reitoria [4]



Figura AP2.5: Subestação da Reitoria [5]



Figura AP2.6: Subestação da Reitoria [6]

APÊNDICE 3 – IMAGENS DA SUBESTAÇÃO DA FACE



Figura AP3.1: Subestação da FACE [1]

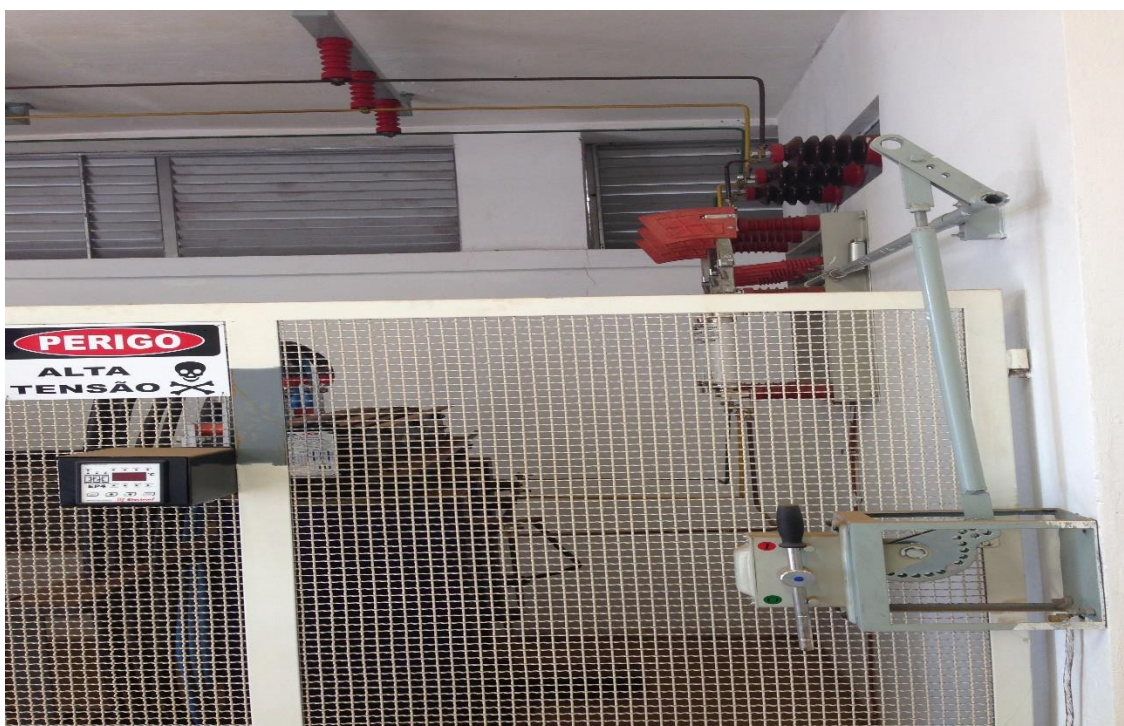


Figura AP3.2: Subestação da FACE [2]



Figura AP3.3: Subestação da FACE [3]



Figura AP3.4: Subestação da FACE [4]

APÊNDICE 4 – FREQUÊNCIA DOS PROCEDIMENTOS DE MANUTENÇÃO PREVENTIVA

Tabela AP4.1 – Frequência dos procedimentos de manutenção preventiva.

EQUIPAMENTO	PROCEDIMENTO	MOTIVAÇÃO	FREQUÊNCIA SUGERIDA	FREQUÊNCIA MÁXIMA
Para-raio	Inspeção visual ¹	Reduzir a probabilidade de danos aos equipamentos devido a contatos danificados, sujeira em excesso, má ventilação, entre outros.	MENSAL	SEMESTRAL
	Limpeza	Reduzir a probabilidade de incêndios, curtos, fuga de corrente, entre outros.	ANUAL	6 ANOS
	Verificação do aperto correto das conexões	Reduzir a probabilidade de mal contato.	ANUAL	6 ANOS
Fusíveis	Inspeção visual ¹	Reduzir a probabilidade de danos aos equipamentos devido a contatos danificados, sujeira em excesso, má ventilação, entre outros.	MENSAL	SEMESTRAL
	Limpeza	Reduzir a probabilidade de incêndios, curtos, fuga de corrente, entre outros.	ANUAL	6 ANOS

EQUIPAMENTO	PROCEDIMENTO	MOTIVAÇÃO	FREQUÊNCIA SUGERIDA	FREQUÊNCIA MÁXIMA
	Verificação do aperto correto das conexões	Reduzir a probabilidade de mal contato e danos aos equipamentos.	ANUAL	6 ANOS
Chave Seccionadora	Inspeção visual ¹	Reduzir a probabilidade de danos aos equipamentos devido a contatos danificados, sujeira em excesso, isoladores danificados, má ventilação, entre outros.	MENSAL	SEMESTRAL
	Limpeza	Reduzir a probabilidade de incêndios, curtos, fuga de corrente, entre outros.	ANUAL	6 ANOS
	Lubrificação	Reduzir o dano causado pelo acionamento mecânico dos rolamentos e articulações, a fim de aumentar a vida útil e o rendimento do equipamento.	ANUAL	6 ANOS
	Verificação do aperto correto das conexões	Reduzir a probabilidade de mal contato e danos aos equipamentos.	ANUAL	6 ANOS
	Manobras de abertura e fechamento	Garantir o funcionamento correto da chave seccionadora	ANUAL	6 ANOS
	Medição da resistência dos contatos	Prevenir falhas de pressão e de penetração dos contatos.	ANUAL	6 ANOS

EQUIPAMENTO	PROCEDIMENTO	MOTIVAÇÃO	FREQUÊNCIA SUGERIDA	FREQUÊNCIA MÁXIMA
	Medição da resistência de isolamento	Reduzir a probabilidade de correntes de fuga no equipamento.	ANUAL	6 ANOS
Transformador de Instrumento	Inspeção visual ¹	Reduzir a probabilidade de danos aos equipamentos devido a contatos danificados, sujeira em excesso, má ventilação, vazamentos, entre outros.	MENSAL	SEMESTRAL
	Limpeza	Reduzir a probabilidade de incêndios, curtos, fuga de corrente, entre outros.	ANUAL	6 ANOS
	Verificação do aperto correto das conexões	Reduzir a probabilidade de mal contato e danos aos equipamentos.	ANUAL	6 ANOS
	Reposição de óleo	Evitar que o transformador de instrumento entre em estado crítico devido à falta de óleo e pare de funcionar.	ANUAL	6 ANOS
	Medição da resistência de isolamento	Reduzir a probabilidade de correntes de fuga no equipamento.	ANUAL	6 ANOS

EQUIPAMENTO	PROCEDIMENTO	MOTIVAÇÃO	FREQUÊNCIA SUGERIDA	FREQUÊNCIA MÁXIMA
Disjuntor	Inspeção visual ¹	Reduzir a probabilidade de danos aos equipamentos devido a contatos danificados, sujeira em excesso, má ventilação, vazamentos, baixo nível de óleo, entre outros.	MENSAL	SEMESTRAL
	Limpeza	Reduzir a probabilidade de incêndios, curtos, fuga de corrente, entre outros.	ANUAL	3 ANOS
	Lubrificação	Reduzir o dano causado pelos acionamentos mecânicos, a fim de aumentar a vida útil e o rendimento do equipamento.	ANUAL	3 ANOS
	Verificação do aperto correto das conexões	Reduzir a probabilidade de mal contato e danos aos equipamentos.	ANUAL	3 ANOS
	Reposição de óleo	Evitar que o disjuntor entre em estado crítico devido à falta de óleo e pare de funcionar.	ANUAL	3 ANOS
	Manobras de abertura e fechamento	Garantir que o disjuntor está atuando.	ANUAL	3 ANOS
	Medição da resistência dos contatos	Prevenir falhas de pressão e de penetração dos contatos.	ANUAL	3 ANOS

EQUIPAMENTO	PROCEDIMENTO	MOTIVAÇÃO	FREQUÊNCIA SUGERIDA	FREQUÊNCIA MÁXIMA
	Medição da resistência de isolamento	Reduzir a probabilidade de correntes de fuga no equipamento.	ANUAL	3 ANOS
Transformador de Potência a óleo	Inspeção visual ¹	Reduzir a probabilidade de danos aos equipamentos devido a contatos danificados, sujeira em excesso, má ventilação, vazamentos, ruído excessivo, baixo nível de líquido isolante, entre outros.	MENSAL	SEMESTRAL
	Limpeza	Reduzir a probabilidade de incêndios, curtos, fuga de corrente, entre outros.	ANUAL	6 ANOS
	Verificação do aperto correto das conexões	Reduzir a probabilidade de mal contato e danos aos equipamentos.	ANUAL	6 ANOS
	Reposição de óleo	Evitar que o transformador de potência entre em estado crítico devido à falta de óleo e pare de funcionar.	ANUAL	6 ANOS
	Medição da relação do número de espiras	Garantir que a relação de transformação (tensão de entrada e saída) está correta.	3 ANOS	6 ANOS

EQUIPAMENTO	PROCEDIMENTO	MOTIVAÇÃO	FREQUÊNCIA SUGERIDA	FREQUÊNCIA MÁXIMA
	Medição da resistência dos enrolamentos	Garantir que as conexões estão adequadas e não há presença de circuito aberto ou curto-circuito.	3 ANOS	6 ANOS
	Medição da resistência de isolamento	Reduzir a probabilidade de correntes de fuga no equipamento.	3 ANOS	6 ANOS
Transformador de Potência a seco	Inspeção visual ¹	Reduzir a probabilidade de danos aos equipamentos devido a contatos danificados, sujeira em excesso, má ventilação, vazamentos, ruído excessivo, baixo nível de líquido isolante, entre outros.	MENSAL	SEMESTRAL
	Limpeza	Reduzir a probabilidade de incêndios, curtos, fuga de corrente, entre outros.	ANUAL	6 ANOS
	Verificação do aperto correto das conexões	Reduzir a probabilidade de mal contato e danos aos equipamentos.	ANUAL	6 ANOS
Barramento	Inspeção visual ¹	Reduzir a probabilidade de danos aos equipamentos devido a contatos danificados, sujeira em excesso, má ventilação, entre outros.	MENSAL	SEMESTRAL

EQUIPAMENTO	PROCEDIMENTO	MOTIVAÇÃO	FREQUÊNCIA SUGERIDA	FREQUÊNCIA MÁXIMA
	Limpeza	Reduzir a probabilidade de incêndios, curtos, fuga de corrente, entre outros.	ANUAL	6 ANOS
	Verificação do aperto correto das conexões	Reduz a probabilidade de mal contato e danos aos equipamentos.	ANUAL	6 ANOS
	Medição da resistência de isolamento	Reduzir a probabilidade de correntes de fuga no equipamento.	ANUAL	6 ANOS
Cabos elétricos	Verificação visual ¹	Reduzir a probabilidade de danos aos equipamentos devido a contatos danificados, sujeira em excesso, má ventilação, entre outros.	MENSAL	SEMESTRAL
	Limpeza	Reduzir a probabilidade de incêndios, curtos, fuga de corrente, entre outros.	ANUAL	6 ANOS
	Verificação do aperto correto das conexões	Reduz a probabilidade de mal contato e danos aos equipamentos.	ANUAL	6 ANOS
Mufas	Verificação visual ¹	Reduzir a probabilidade de danos aos equipamentos devido a contatos danificados, sujeira em excesso, má ventilação, entre outros.	MENSAL	SEMESTRAL

EQUIPAMENTO	PROCEDIMENTO	MOTIVAÇÃO	FREQUÊNCIA SUGERIDA	FREQUÊNCIA MÁXIMA
	Limpeza	Reduzir a probabilidade de incêndios, curtos, fuga de corrente, entre outros.	ANUAL	6 ANOS
	Verificação do aperto correto das conexões	Reduz a probabilidade de mal contato e danos aos equipamentos.	ANUAL	6 ANOS
Deve ser realizada em todos os equipamentos	Inspeção Termográfica ¹	Evitar que a temperatura excessiva de determinado ponto danifique o equipamento.	MENSAL	SEMESTRAL
Deve ser realizada em todos os equipamentos a óleo	Análise da qualidade do óleo	Garantir que o óleo esteja em perfeitas condições para evitar danos ao equipamento.	ANUAL	ANUAL

¹Esses itens não exigem desligamento do equipamento.

APÊNDICE 5 – PROCEDIMENTOS PRÉVIOS PASSO A PASSO

Tabela AP5.1 – Procedimentos prévios passo a passo.

PASSOS	ATIVIDADES	RISCOS POTENCIAIS	MEDIDAS DE CONTROLE
1	<p>Receber a ordem de serviço e formulário de preenchimento dos serviços executados.</p>	<p>- Não compreensão da solicitação</p>	<p>- Diálogo com a coordenação a fim de sanar qualquer dúvida</p>
2	<p>Planejar a execução da tarefa:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Separar materiais e ferramentas necessários para a execução da tarefa; <li style="padding-left: 20px;">- Verificar se o veículo, equipamento, ferramentas e materiais estão em boas condições de uso; - Consultar mapas e guias, se necessário; - Se necessário, ir ao local da tarefa e avaliar as condições físicas das estruturas, inclusive as adjacentes, as condições de acesso e possíveis empecilhos; - Verificar se toda equipe se julga em condições físicas e emocionais; - Verificar condições climáticas; - Debater a tarefa com todos os colaboradores; 	<p>- Imprudência e negligência</p>	<p>- Conscientização da importância dessas verificações. Atitude relapsa nesse passo da preparação aumenta o perigo.</p>

PASSOS	ATIVIDADES	RISCOS POTENCIAIS	MEDIDAS DE CONTROLE
3	Carregar e acondicionar no carro o equipamento necessário para a realização das atividades.	<ul style="list-style-type: none"> - Risco ergonômico devido à postura incorreta ao carregar os equipamentos; - Risco de acidente devido a queda de equipamentos e atropelamentos; - Chance de se esquecer de acondicionar algum material necessário à atividade. 	<ul style="list-style-type: none"> - Adotar postura correta ao carregar equipamentos; - Segurar adequadamente os equipamentos e verificar a presença de trânsito ao se acondicionar os equipamentos no carro; - Criar lista de verificação dos equipamentos.
4	Deslocar-se para o local de trabalho e estacionar o veículo.	<ul style="list-style-type: none"> - Acidente de trânsito e multa. 	<ul style="list-style-type: none"> - Dirigir conforme as leis de trânsito.
5	Observar as condições do local de trabalho.	<ul style="list-style-type: none"> - Presença de animais agressivos; - Atropelamento. 	<ul style="list-style-type: none"> - Observar a presença de pessoas, animais e veículos.
6	Observar as condições meteorológicas, principalmente para atividades realizadas ao ar livre.	<ul style="list-style-type: none"> - Queda de estruturas, galhos de árvore; - Choque elétrico. 	<ul style="list-style-type: none"> - Não realizar as atividades caso as condições meteorológicas não estejam adequadas.
7	Sinalizar e isolar a área de trabalho.	<ul style="list-style-type: none"> - Aparecimento de transeuntes e carros; 	<ul style="list-style-type: none"> - Sinalizar de maneira bem visível o local de trabalho, além de sinalizar um caminho alternativo para a passagem de pedestres para que não precisem passar pela pista de rolamento sem a devida proteção.

PASSOS	ATIVIDADES	RISCOS POTENCIAIS	MEDIDAS DE CONTROLE
8	Planejar a execução de tarefas no local do trabalho.	<ul style="list-style-type: none"> - Não entender os procedimentos para as atividades; - Realizar algum procedimento errado ou de maneira não esperada. 	<ul style="list-style-type: none"> - Treinamentos para que todos saibam realizar todas as atividades.
9	Analisar as condições das estruturas, dos condutores e das estruturas adjacentes.	<ul style="list-style-type: none"> - Queda de estruturas. 	<ul style="list-style-type: none"> - Fazer uma análise prévia das estruturas e dos condutores antes da realização das atividades.
10	Equipar-se com os equipamentos de proteção individual.	<ul style="list-style-type: none"> - Esquecer de algum EPI. 	<ul style="list-style-type: none"> - Verificação da utilização de todos os EPIs.
11	Equipar-se com cinto paraquedista com talabarte e conjunto de içamento nos casos de subestação aérea.	<ul style="list-style-type: none"> - Risco ergonômico devido a postura. 	<ul style="list-style-type: none"> - Adotar técnicas e postura correta para a realização da atividade.
12	Realização da manutenção preventiva (descrita no Apêndice 6)	<ul style="list-style-type: none"> - Risco de acidente devido a choque elétrico, cortes, presença de animais agressivos; - Risco ergonômico devido à realização da atividade em postura incorreta; - Risco químico devido a contato e inalação de substâncias tóxicas como óleo e lubrificantes; - Risco físico devido a altas temperaturas e ruído excessivo. 	<ul style="list-style-type: none"> - Remover animais caso estejam presentes; - Assegurar completa abertura do circuito para as atividades que o exijam; - Adotar postura correta na realização das atividades; - Utilizar EPI específico quando necessário, como respirador de ar não motorizado e protetor auditivo.

PASSOS	ATIVIDADES	RISCOS POTENCIAIS	MEDIDAS DE CONTROLE
13	Desequipar do cinto paraquedista com talabarte e conjunto de içamento nos casos de subestação aérea.	- Risco ergonômico devido à postura incorreta.	- Adotar técnicas e postura correta para a retirada do equipamento
14	Recolher material, ferramentas e equipamentos e acondicioná-los no veículo.	- Risco ergonômico devido à postura incorreta ao carregar os equipamentos; - Risco de acidente devido a queda de equipamentos e atropelamentos; - Chance de se esquecer de acondicionar algum material necessário à atividade.	- Adotar postura correta ao carregar equipamentos; - Segurar adequadamente os equipamentos e verificar a presença de trânsito ao se acondicionar os equipamentos no carro; - Criar lista de verificação dos equipamentos.
15	Retirar e recolher sinalização da área de trabalho.	- Não retirar a sinalização na ordem correta, permitindo o surgimento de pessoas ou veículos antes da hora.	- Retirar a sinalização na ordem correta.
16	Desequipar-se dos EPIs	- Risco ergonômico devido a postura incorreta.	- Adotar técnicas e postura correta para a retirada dos EPIs
17	Preencher o formulário referente ao serviço executado.	- Esquecimento de alguma informação	- Solicitar a participação de todos os funcionários no preenchimento e verificar se as informações estão completas.
18	Sair com o veículo	- Acidente de trânsito e multa.	- Dirigir conforme as leis de trânsito.

APÊNDICE 6 – PROCEDIMENTOS PARA A MANUTENÇÃO PREVENTIVA PASSO A PASSO

Tabela AP6.1 – Procedimentos para a manutenção preventiva passo a passo.

PASSOS	ATIVIDADES	RISCOS POTENCIAIS	MEDIDAS DE CONTROLE
12.1	Confirmar que a manutenção já pode ser iniciada.	Esquecer algum passo anterior ao 12, gerando perda de tempo, podendo inclusive causar danos aos funcionários e a terceiros.	Verificar se os passos 1 a 11* foram realizados com sucesso.
12.2	Realizar a inspeção visual de todos os equipamentos e anotar as observações se necessário.	<ul style="list-style-type: none"> - Risco de acidente devido a presença de animais agressivos; - Risco ergonômico devido à realização da atividade em postura incorreta; - Risco físico devido a ruído excessivo. 	<ul style="list-style-type: none"> - Remover animais caso estejam presentes; - Adotar postura correta na realização das atividades; - Utilizar EPI específico quando necessário (protetor auditivo).
12.3	Realizar a inspeção termográfica em todos os equipamentos* e anotar as observações.	- Risco ergonômico devido à realização da atividade em postura incorreta.	- Adotar postura correta na realização das atividades.

PASSOS	ATIVIDADES	RISCOS POTENCIAIS	MEDIDAS DE CONTROLE
12.4	<p>Caso esteja prevista alguma das atividades citadas abaixo, proceder com a desenergização do circuito seguindo a seguinte ordem:</p> <p>1) Desligar disjuntor geral;</p> <p>2) Desligar a chave seccionadora;</p> <p>3) Efetuar o impedimento de reenergização;</p> <p>3) Efetuar a constatação da ausência de tensão;</p> <p>4) Instalar o aterramento temporário com equipotencialização dos condutores dos circuitos;</p> <p>5) Proteger os elementos energizados existentes na zona controlada;</p> <p>6) Instalar a sinalização de impedimento de reenergização.</p>	<p>- Risco de acidente devido a choque elétrico;</p> <p>- Risco ergonômico devido à realização da atividade em postura incorreta.</p>	<p>- Seguir a ordem correta para a desenergização;</p> <p>- Adotar postura correta para a realização das atividades.</p>
12.5	<p>Proceder com a limpeza de todos os equipamentos.</p>	<p>- Risco ergonômico devido à realização da atividade em postura incorreta;</p>	<p>- Adotar postura correta na realização das atividades.</p>
12.6	<p>Verificar o aperto correto das conexões de todos os equipamentos.</p>	<p>- Risco ergonômico devido à realização da atividade em postura incorreta.</p>	<p>- Adotar postura correta na realização das atividades.</p>
12.7	<p>Realizar os seguintes passos específicos para os equipamentos abaixo:</p>		

PASSOS		ATIVIDADES	RISCOS POTENCIAIS	MEDIDAS DE CONTROLE
12.7.1	Chave Seccionadora:	Lubrificar os principais rolamentos, articulações e mecanismo e acionamento.	- Risco químico (contato com lubrificantes e inalação de resíduos)	- Utilizar EPI específico (respirador de ar não motorizado).
		Realizar os seguintes testes: - Manobras de abertura e fechamento das chaves; - Medição da resistência dos contatos; - Medição da resistência de isolamento.	- Risco ergonômico devido à realização da atividade em postura incorreta. - Operar a chave seccionadora com o disjuntor geral ligado.	- Adotar postura correta na realização das atividades. - Manter o disjuntor geral desligado (durante os testes no disjuntor, manter a chave seccionadora aberta)
12.7.2	Transformador de instrumento:	Realizar o seguinte teste: - Medição da resistência de isolamento.	- Risco ergonômico devido à realização da atividade em postura incorreta.	- Adotar postura correta na realização das atividades.
12.7.3	Disjuntor:	Lubrificar contatos e dispositivo de acionamento.	- Risco químico (contato com lubrificantes e inalação de resíduos)	- Utilizar EPI específico (respirador de ar não motorizado).
		Realizar os seguintes testes: - Manobras de abertura e fechamento; - Medição da resistência de contato; - Medição da resistência de isolamento.	- Risco ergonômico devido à realização da atividade em postura incorreta; - Operar a chave seccionadora com o disjuntor geral ligado.	- Adotar postura correta na realização das atividades; - Manter o disjuntor geral desligado (durante os testes no disjuntor, manter a chave seccionadora aberta).

PASSOS		ATIVIDADES	RISCOS POTENCIAIS	MEDIDAS DE CONTROLE
		Coletar óleo para análise em laboratório e proceder com a reposição quando necessário.	- Risco químico (contato com óleo e inalação de resíduos)	- Utilizar EPI específico (respirador de ar não motorizado).
12.7.4	Transformador de potência a óleo:	Realizar os seguintes testes: - Relação do número de espiras; - Medição da resistência dos enrolamentos; - Medição da resistência de isolamento.	- Risco ergonômico devido à realização da atividade em postura incorreta.	- Adotar postura correta na realização das atividades.
		Coletar óleo para análise em laboratório e proceder com a reposição quando necessário.	- Risco químico (contato com óleo e inalação de resíduos)	- Utilizar EPI específico (respirador de ar não motorizado).
12.7.5	Barramento:	Realizar o seguinte teste: - Medição da resistência de isolamento.	- Risco ergonômico devido à realização da atividade em postura incorreta.	- Adotar postura correta na realização das atividades.

PASSOS	ATIVIDADES	RISCOS POTENCIAIS	MEDIDAS DE CONTROLE
12.8	<p>Após concluídas as atividades programadas, proceder com a reenergização do circuito seguindo a ordem abaixo:</p> <p>1) Retirada das ferramentas, utensílios e equipamentos;</p> <p>2) Retirada da zona controlada de todos os trabalhadores não envolvidos no processo de reenergização;</p> <p>3) Remoção do aterramento temporário, da equipotencialização e das proteções adicionais;</p> <p>4) Remoção da sinalização de impedimento de reenergização;</p> <p>5) Destravamento, se houver, e religação dos dispositivos de seccionamento.</p>	<p>- Risco de acidente devido a choque elétrico;</p> <p>- Risco ergonômico devido à realização da atividade em postura incorreta.</p>	<p>- Seguir a ordem correta para a desenergização;</p> <p>- Adotar postura correta para a realização das atividades.</p>

Sempre que se realizar um teste, deve-se comparar o resultado esperado com o obtido, e este deve estar dentro de um limite aceitável determinado pelo fabricante do equipamento.

Sempre que houver, seguir as orientações do fabricante, tanto em relação aos procedimentos quanto em relação à frequência da manutenção, pois todo este trabalho de conclusão de curso, juntamente com seus apêndices, apresenta apenas uma referência genérica, com o objetivo de orientar a execução dos trabalhos, não abrangendo, portanto, todas as situações possíveis, não imputando responsabilidade parcial ou total, aos elaboradores do mesmo, a desvios ou omissões às boas práticas de serviços e cuidados com o meio ambiente.