

**INSTITUTO FEDERAL DE MINAS GERAIS
BACHARELADO EM ENGENHARIA ELÉTRICA**

JOÃO RAFAEL BRASILEIRO ASSIS

**ESTUDO DE CASO DE TROCA DE ISOLADORES EM CADEIA EM
ANCORAGEM UTILIZANDO A TÉCNICA DE LINHA VIVA A DISTÂNCIA EM
LINHA DE DISTRIBUIÇÃO DE 138kV.**

FORMIGA-MG

2023

**ESTUDO DE CASO DE TROCA DE ISOLADORES EM CADEIA EM
ANCORAGEM UTILIZANDO A TÉCNICA DE LINHA VIVA A DISTÂNCIA EM
LINHA DE DISTRIBUIÇÃO DE 138kV.**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia Elétrica do Instituto Federal de Minas Gerais como requisito para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Elétrica.

Área de Concentração: Sistemas Elétricos de Potência.

Orientador: Prof. Dr. Renan Souza Moura.
Co-Orientador: Prof. Me. Felipe de Sousa Silva.

A848e Assis, João Rafael Brasileiro
utilizando a Estudo de caso de troca de isoladores em cadeia em ancoragem
Rafael técnica de linha viva a distância em linha de distribuição de 138kV / João
Brasileiro Assis -- Formiga : IFMG, 2023.
91p. : il.

Orientador: Prof. Dr. Renan Souza Moura
Coorientador: Prof. MSc. Felipe de Sousa Silva
Trabalho de Conclusão de Curso – Instituto Federal de Educação,
Ciência e Tecnologia de Minas Gerais – *Campus* Formiga.

1. Linha viva. 2. Linha viva a distância. 3. Troca de isoladores.
4. Cadeia em ancoragem. 5. Linhas de distribuição 138kV. I. Moura, Renan
Souza. II.
Silva, Felipe de Sousa. III. Título.

CDD 621.3

JOÃO RAFAEL BRASILEIRO ASSIS.

ESTUDO DE CASO DE TROCA DE ISOLADORES EM CADEIA EM
ANCORAGEM UTILIZANDO A TÉCNICA DE LINHA VIVA A DISTÂNCIA
EM LINHA DE DISTRIBUIÇÃO DE 138kV.

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Curso de Engenharia
Elétrica do Instituto Federal de Minas
Gerais como requisito para obtenção do
Título de Bacharel em Engenharia
Elétrica.

Avaliado em: 21 de _____ Junho _____ de 2023

Nota: 74,6

BANCA EXAMINADORA

Renan Souza Moura

Prof. Dr. Renan Souza Moura -
Orientador

Felipe de Sousa Silva

Prof. Me. Felipe de Sousa Silva. -
Co-orientador

André Roger Rodrigues

Prof. Dr. André Roger Rodrigues. -
Membro

Diego Luis Izidoro Silva

Prof. Me. Diego Luis Izidoro Silva. -
Membro

Lucas Frederico Jardim Meloni

Prof. Dr. Lucas Frederico Jardim Meloni. -
Membro

AGRADECIMENTOS

Gostaria de expressar meu profundo agradecimento a todas as pessoas que contribuíram de forma significativa para a realização deste trabalho de conclusão de curso. Primeiramente, agradeço a Deus por guiar meus passos e me proporcionar força e inspiração ao longo dessa jornada acadêmica.

À minha família, meu pai Benedito Célio de Assis, minha mãe Clemilda Maria Freitas Brasileiro Assis, minha irmã Ana Paula Brasileiro Borges Assis e meu irmão José Elias Freitas Assis, expresso minha gratidão pela presença constante, amor incondicional e apoio irrestrito em todas as etapas da minha vida e da minha formação acadêmica. Vocês são minha base sólida e meu maior incentivo para buscar sempre o melhor.

À minha noiva, Maria Fernanda, agradeço por todo o amor, paciência e compreensão ao longo dessa jornada. Você foi meu porto seguro, minha fonte de apoio emocional e minha maior incentivadora. Sua presença ao meu lado tornou cada desafio mais leve e cada conquista mais significativa.

Aos meus amigos, aos quais considero uma extensão da minha família, agradeço por estarem ao meu lado ao longo desses anos de faculdade. Vocês compartilharam momentos de estudo, trocas de conhecimento, risadas e desafios. Cada um de vocês contribuiu de maneira única para o meu crescimento pessoal e acadêmico, e levo cada lembrança e aprendizado comigo para sempre.

Aos professores Felipe e Renan, minha gratidão especial por terem sido fundamentais no decorrer deste trabalho. Suas orientações, conhecimentos compartilhados e dedicação foram imprescindíveis para a construção deste estudo. Agradeço pela paciência, pela inspiração e pelo comprometimento em me auxiliar no desenvolvimento das ideias e na busca pela excelência acadêmica.

Por fim, agradeço a todos aqueles que, de alguma forma, contribuíram para a conclusão deste trabalho. Seja com palavras de incentivo, colaboração direta ou simplesmente por acreditar em mim, cada apoio foi fundamental. Sou grato por ter tido a oportunidade de realizar este trabalho e por todo aprendizado adquirido ao longo dessa jornada acadêmica.

Meu sincero agradecimento a todos vocês. Vocês são parte integrante desta conquista e levarei cada um em meu coração, sabendo que essa vitória também é de vocês.

“A bondade de Deus se manifesta na vida daqueles que praticam o bem, pois Ele recompensa e abençoa aqueles que agem com amor, compaixão e justiça em seus corações.”

RESUMO

Atualmente, com a grande cobrança por produtividade, competitividade e qualidade no mercado de energia, as grandes empresas têm como objetivo satisfazer cada vez mais seus consumidores da melhor forma possível. Nesse sentido, elas buscam eliminar ao máximo as falhas e interrupções no fornecimento de energia. O propósito deste trabalho consiste em analisar a viabilidade do método de execução de linha viva a distância em linhas de distribuição de 138kV. Para isso, foi realizado um estudo de caso real, mais especificamente a troca de isoladores em cadeia em ancoragem. Os resultados obtidos com a aplicação desse método de linha viva foram comparados com a metodologia tradicional, que exige o desligamento do sistema elétrico de potência. Essa comparação permitiu avaliar os benefícios oferecidos pela abordagem de linha viva. Dessa forma, ao longo deste trabalho, foram analisados os aspectos técnicos, operacionais e de segurança relacionados à execução de linha viva a distância em linhas de distribuição de 138kV. Foi explorado um estudo de caso real para embasar os resultados obtidos e fornecer subsídios para a conclusão da viabilidade desse método.

Palavras Chave: Linha viva, Linha viva a distância, Troca de isoladores em cadeia em ancoragem.

ABSTRACT

Nowadays, with the great demand for productivity, competitiveness, and quality in the energy market, large companies aim to satisfy their customers in the best possible way. In this sense, they seek to eliminate power supply failures and interruptions as much as possible. The purpose of this work is to analyze the feasibility of the method "remote live-line execution" in 138 kV distribution lines. For this, a real case study was carried out, more specifically the exchange of insulators string in an anchoring. The results obtained by applying this method were compared with the traditional methodology, which requires the power system to be disconnected. This comparison allowed an evaluation of the benefits offered by the live-line solution. Therefore, in the course of this work, the technical, operational, and safety aspects related to the execution of remote live lines work on 138 kV distribution lines were analyzed. A real case study was explored to support the results obtained and provide subsidies for the conclusion of the viability of this method.

Key words: Live line, Live line at a distance, Replacement of insulators in anchorage chain.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Linha Viva ao contato.....	24
Figura 2 – Abertura de jumper através do método de linha viva a distância.....	24
Figura 3 – Instalação de by-pass através do método de linha viva a distância.	25
Figura 4 – Entrando no potencial através do método de linha viva ao potencial.....	26
Figura 5 – Termo-Higrômetro digital.....	27
Figura 6 – Testador de ausência de tensão	28
Figura 7 – Testador de bastão	29
Figura 8 – Distâncias de segurança no ar que delimitam radialmente as zonas de risco, controlada e livre.....	30
Figura 9 – Distâncias de segurança no ar que delimitam radialmente a zona de risco, zona controlada e zona livre, com interposição de superfície de separação física adequada	31
Figura 10 – Estrutura autoportante com cadeias de isoladores tipo tipo ancoragem.....	34
Figura 11 – Estrutura autoportante com cadeias de isoladores tipo suspensão.....	34
Figura 12 – Mísula.....	35
Figura 13 – Mísula.....	35
Figura 14 – Manilha.....	37
Figura 15 – Concha.....	37
Figura 16 – Cadeias de Isoladores de vidro.....	39
Figura 17 – Isolador tipo polimérico.....	39
Figura 18 – Bastão universal.....	41
Figura 19 – Bastão universal com garfo-boleto.....	41
Figura 20 – Bastão universal com sacador de contra-pino.....	42
Figura 21 – Julgo lado energizado.....	43
Figura 22 – Julgo lado desenergizado.....	43
Figura 23 – Escada Trapézio.....	44
Figura 24 - Garra de tração.....	45
Figura 25 – Catraca/Talha.....	46
Figura 26 – Localização estrutura nº70.....	51
Figura 27 – Testador de bastões de linha viva.....	53
Figura 28 – Testando os bastões de linha viva.....	53
Figura 29 – Eletricista escalando com a carretilha na cintura.....	57

Figura 30 – Carretilha já instalada no topo da torre.....	57
Figura 31 – Afastamento do jumper superior.....	58
Figura 32 – Instalação do julgo morto na ponta da mísula.....	58
Figura 33 – Acoplamento de ferramentas nas extremidades dos bastões.....	59
Figura 34 – Colocando o julgo vivo no condutor.....	59
Figura 35 – Julgo morto e julgo vivo já interconectados.....	60
Figura 36 – Içamento do berço já montado.....	60
Figura 37 – Berço já fixado entre o julgo vivo e morto.....	61
Figura 38 – Eletricista sacando contrapino e boleto da concha.....	61
Figura 39 – Eletricista instalando o aterramento estático.....	62
Figura 40 – Sacando a cadeia de isoladores.....	62
Figura 41 – Finalizando a troca de isoladores.....	63
Figura 42 – Aterrando as fases.....	66
Figura 43 – Instalação da escada trapézio na mísula.....	66
Figura 44 – Instalação da manilha e talha na ponta da mísula.....	67
Figura 45 – Instalação da garra no cabo condutor.....	67
Figura 46 – Eletricista posicionado na escada sacando o contrapino da concha.....	68
Figura 47 – Momento da descida da cadeia de isoladores.....	68
Figura 48 – Instalação da nova cadeia de isoladores.....	69

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Tensões usuais em sistemas de potência.....	23
Tabela 2 – Especificações de modelos de testadores.....	28
Tabela 3 – Distâncias de segurança.....	32
Tabela 4 – Ferramentas e equipamentos para o método de linha energizada.....	52
Tabela 5 – Ferramentas e equipamentos para o método de linha desligada.....	64

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Análise de risco para tarefa.....	54
--	----

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

- CEMIG – COMPANHIA ENERGÉTICA DE MINAS GERAIS.
LD – LINHA DE DISTRIBUIÇÃO.
LV – LINHA VIVA.
LT – LINHA DE TRANSMISSÃO.
RD – REDE DE DISTRIBUIÇÃO.
SEs – SUBESTAÇÕES.
EPIs – EQUIPAMENTOS DE USO INDIVIDUAL.
BT – BAIXA TENSÃO.
MT – MÉDIA TENSÃO.
TUSD – TARIFA DE USO DO SISTEMA DE DISTRIBUIÇÃO.
TE – TARIFA DE ENERGIA.

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO	17
1.1 INTRODUÇÃO	17
1.2 MOTIVAÇÃO	19
1.3 HIPÓTESES	19
1.4 OBJETIVOS	20
1.4.1 OBJETIVO GERAL	20
1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	20
1.3 ESTRUTURA DO TRABALHO	21
CAPÍTULO 2 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	22
2.1 SISTEMA ELÉTRICO DE POTÊNCIA	22
2.2 TENSÕES USUAIS NO SISTEMA ELÉTRICO DE POTÊNCIA	22
2.3 CONCEITOS DE MANUTENÇÃO EM LINHA VIVA	23
2.3.1 LINHA VIVA AO CONTATO	23
2.3.2 LINHA VIVA A DISTÂNCIA	24
2.3.3 LINHA VIVA AO POTENCIAL	25
2.4 ASPECTOS DE SEGURANÇA PARA TRABALHOS COM LINHA VIVA À DISTÂNCIA	26
2.4.1 CONDIÇÕES METEOROLÓGICAS	26
2.4.2 TESTE DE AUSÊNCIA DE TENSÃO	27
2.4.3 TESTADOR DE BASTÕES	29
2.4.4 DISTANCIAS DE SEGURANÇA	29
2.5 COMPOSIÇÃO DO SISTEMA DE DISTRIBUIÇÃO DE 69 kV A 161 kV	32
2.5.1 ESTRUTURAS DAS TORRES E FERRAGENS	32
2.5.2 MÍSULA	35
2.5.3 MANILHA	36
2.5.4 CONCHA	37
2.6. ISOLADORES	38
2.7 FERRAMENTAS DE LINHA VIVA	40
2.7.1 BASTÕES DE LINHA VIVA	41
2.7.2 JULGO	43
2.8 ESCADA TRAPÉZIO	43
2.9 GARRA DE TRAÇÃO	44

2.10 CATRACA / TALHA	45
CAPÍTULO 3 - METODOLOGIA	47
3.1 ANÁLISE BIBLIOGRÁFICA DE DOCUMENTOS TÉCNICOS E ACADÊMICOS EM LINHA VIVA A DISTÂNCIA	47
3.1.1 DESCRIÇÃO DOS MÉTODOS	48
3.1.2 CONSULTA AOS PROFISSIONAIS DA ÁREA	48
3.1.3 ACOMPANHAMENTO DE EXECUÇÕES DA ATIVIDADE	49
CAPÍTULO 4 - RESULTADOS	50
4.1 CARACTERIZAÇÃO DO CASO REAL DE TROCA DE ISOLADORES EM CADEIA EM ANCORAGEM EM LINHA LIGADA	50
4.1.1 CARACTERÍSTICAS DA LINHA DE DISTRIBUIÇÃO PASSOS 2 / VOTORANTIM CIMENTOS ITAÚ DE MINAS 138 KV	50
4.2 DESCRIÇÃO DO PROCEDIMENTO PARA EXECUÇÃO DE TROCA DE ISOLADORES EM CADEIA EM ANCORAGEM PELO - MÉTODO DE LINHA VIVA A DISTÂNCIA 138 KV	51
4.2.1 QUANTIDADE DE EXECUTANTES PARA A ATIVIDADE E CONDIÇÃO PARA A EXECUÇÃO	51
4.2.2 FERRAMENTAS E EQUIPAMENTOS	52
4.2.3 IDENTIFICAÇÃO E MEDIDAS DE CONTROLE DE RISCOS E IMPACTOS	53
4.2.4 DESCRIÇÃO PASSO A PASSO DA EXECUÇÃO DO PROCEDIMENTO NO LOCAL DO TRABALHO	57
4.2.4.1 INSTALAÇÃO DOS PRIMEIROS EQUIPAMENTOS	57
4.2.4.2 AFASTAMENTO DO JUMPER SUPERIOR	58
4.2.4.3 INSTALAÇÃO DO JUGO NO LADO MORTO (DESENERGIZADO)	58
4.2.4.4 INSTALAÇÃO DO JUGO NO LADO VIVO (ENERGIZADO)	59
4.2.4.5 INSTALAÇÃO DO BERÇO SIMPLES PARA CADEIA DE ISOLADORES	60
4.2.4.6 AFASTAMENTO DO CONTRAPINO DA CONCHA OLHAL	61
4.2.4.7 INSTALAÇÃO DO ATERRAMENTO ESTÁTICO	62
4.2.4.8 RETIRADA E SUBSTITUIÇÃO DA CADEIA DE ISOLADORES	62
4.2.4.9 MONTAGEM DA CADEIA DE ISOLADORES E TÉRMINO DO SERVIÇO	63
4.2.4.10 TEMPO DA EXECUÇÃO DA TAREFA	63
4.3 DESCRIÇÃO DO PROCEDIMENTO PARA EXECUÇÃO DE TROCA DE ISOLADORES EM CADEIA DE ANCORAGEM MÉTODO EM LINHA DESLIGADA.	64
4.3.1 QUANTIDADE DE EXECUTANTES PARA A ATIVIDADE E CONDIÇÃO PARA A EXECUÇÃO	64
4.3.2 FERRAMENTAS E EQUIPAMENTOS	64

4.3.3 IDENTIFICAÇÃO E MEDIDAS DE CONTROLE DE RISCOS E IMPACTOS	65
4.3.4 DESCRIÇÃO PASSO A PASSO DA EXECUÇÃO DO PROCEDIMENTO NO LOCAL DO TRABALHO	65
4.3.4.1 INSTALAÇÃO DOS PRIMEIROS EQUIPAMENTOS	65
4.3.4.2 INSTALAÇÃO DA ESCADA TRAPÉZIO	66
4.3.4.3 INSTALAÇÃO DA TALHA PARA TENSIONAMENTO DO CABO CONDUTOR	67
4.3.4.4 RETIRADA E DESCIDA DA CADEIA DE ISOLADORES	68
4.3.4.5 MONTAGEM DA CADEIA NOVA DE ISOLADORES E TÉRMINO DO SERVIÇO	69
4.3.4.6 TEMPO DA EXECUÇÃO DA TAREFA	69
4.4 DISCUSSÕES SOBRE AS VANTAGENS E DESVANTAGENS DE SE UTILIZAR O MÉTODO DE TROCA DE ISOLADORES CADEIA EM ANCOREAGEM EM LINHA LIGADA AO INVÉS DA SUBSTITUIÇÃO COM A LINHA DESLIGADA	70
CAPÍTULO 5 - CONCLUSÃO	74
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	76
APÊNDICE	80

CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO

1.1 INTRODUÇÃO

A técnica de linha viva foi criada, preparada e aperfeiçoada para preservar e certificar os profissionais que trabalham em contato direto com linhas e redes energizadas. Em síntese, a chance de sofrer uma descarga elétrica antes dessa técnica era grande. A segurança e o suporte para os eletricitistas foram primordiais para o avanço do método, sem falar no treinamento e na capacitação que os profissionais recebem para manusear equipamentos utilizados durante a técnica do método Versan & Sandrin (2020).

Segundo Santana (2004) o trabalho em Linha Viva teve sua origem com a utilização de varas de manobra de madeira para ligar e desligar chaves fusíveis”, sendo este o primeiro passo da história do trabalho em linha viva.

Embora a manutenção e construção em Linha Viva sejam comumente consideradas técnicas modernas, é importante destacar que as primeiras ferramentas desenvolvidas para esse tipo de trabalho remontam a 1913, quando foram fabricadas em Wapakoneta, Ohio - Estados Unidos.

No ano de 1916, um dispositivo pioneiro, que hoje é reconhecido como "Grampo de Linha Viva", foi desenvolvido em Atlanta, Geórgia - Estados Unidos. A instalação desse dispositivo requer o uso de um bastão isolado, originalmente chamado de "bastão para grampo de linha viva" e agora amplamente conhecido como "Bastão de Manobra" ou "bastão pega tudo"

De acordo com Santana (2004), a produção em larga escala do Grampo de linha viva teve início em 1918, na cidade de *Taylorville, Illinois*, nos Estados Unidos, pela empresa *Tips Tool Company*. O autor destaca que o êxito dessa empreitada levou ao desenvolvimento de diversos outros tipos de bastões, possibilitando a realização de uma ampla gama de serviços relacionados

Segundo Ritz do Brasil (2005) poucos anos depois foram lançadas no mercado ferramentas isoladas em madeira, com peças metálicas, tais como: bastões-garra para suporte de condutores e sela suporte para os bastões, culminando com o aparecimento dos bastões universais, em cujo cabeçote podiam ser adaptadas ferramentas para os mais diversos fins.

No ano de 1937, a empresa *A.B. Chance Company* adquiriu a *Tips Tool*

Company e estabeleceu sua fábrica em Centralia, Missouri, nos Estados Unidos. Sob a supervisão de seu departamento de engenharia, a *A.B. Chance* empreendeu um programa abrangente de pesquisas e testes com o objetivo de aprimorar as ferramentas existentes até então. Durante esse processo, a empresa se deparou com dois desafios significativos.

- Os bastões possuíam uma parte isolante feita de madeira, com um revestimento impermeável que, infelizmente, era suscetível a danos, permitindo a entrada de umidade e resultando na perda de sua capacidade de isolamento.
- As peças metálicas produzidas com metais pesados apresentavam dificuldades em termos de manuseio, o que causava uma fadiga excessiva nos eletricitistas. Essa condição representava um risco tanto para a qualidade do trabalho realizado quanto para a segurança dos profissionais envolvidos.

De acordo com a pesquisa realizada por Da Silva (2013), a empresa *A.B. Chance* desenvolveu uma liga de alumínio inovadora que solucionou efetivamente o problema de peso nas ligas ferrosas. No entanto, apesar desse avanço, ainda havia uma limitação em relação ao isolamento dos bastões de madeira utilizados. Registra-se que, mesmo com essa deficiência, algumas equipes especializadas em trabalho em linha viva conseguiram realizar serviços em linhas de transmissão de 500 kV utilizando os bastões de madeira fabricados pela *A.B. Chance*.

No ano de 1959, após uma extensa pesquisa e uma série de testes laboratoriais contínuos, a *A.B. Chance* conseguiu desenvolver um tubo revolucionário chamado EPOXYGLASS. Esse tubo era composto por milhares de fibras de vidro impregnadas com resina epóxi, dispostas ao redor de um núcleo de espuma de poliuretano. O EPOXYGLASS apresentava uma resistência mecânica excepcional e excelentes propriedades dielétricas

Esse avanço foi considerado um marco significativo na evolução das ferramentas de Linha Viva, evidenciado pelo fato de que atualmente inúmeras empresas de eletricidade em todo o mundo as utilizam, o que atesta a qualidade dessas ferramentas..

1.2 MOTIVAÇÃO

Após a sanção da lei ordinária 12783/2013, houve uma restrição nos desligamentos de linhas de transmissão, distribuição e subestações de energia (SEs) para fins de manutenção. Essa limitação se deve ao fato de que tais desligamentos causam significativas perdas de receita para as concessionárias de energia, uma vez que elas não podem disponibilizar todos os seus ativos durante esse período. Dessa forma, as manutenções utilizando o método de linha viva têm se tornado cada vez mais necessárias e viáveis

A evolução das ferramentas e métodos de trabalho nas linhas de distribuição, transmissão e subestações foi impulsionada pela grande quantidade de tarefas a serem realizadas em cada uma delas, levando em consideração a classe e a localização específica de cada tarefa a ser executada.

A motivação por trás deste estudo é apresentar um estudo de caso sobre a aplicação do método de linha viva a distância na execução do serviço de troca de isoladores em cadeia de ancoragem. Além disso, pretende-se demonstrar a segurança deste método para os trabalhadores envolvidos, analisar os impactos resultantes dos desligamentos das linhas de distribuição, avaliar as distâncias de segurança necessárias, identificar os requisitos para a aplicação adequada do método, considerar as condições ambientais relevantes e realizar análises de risco detalhadas relacionadas à atividade.

O método de trabalho de linha viva a distância é visto como tarefa principal nas manutenções do dia a dia das concessionárias, pois o mesmo foi desenvolvido para que o eletricitista execute as operações com o auxílio de ferramentas montadas na extremidade dos bastões isolantes, mantendo-se rigorosamente a distância mínima de segurança fase-terra e fase-fase sem que haja interrupção do fornecimento de energia.

1.3 HIPÓTESES

Considerando a relevância do método de linha viva a distância no sistema de distribuição, e de assegurar o fornecimento de energia de forma contínua, estável, confiável, e de oferecer segurança as executantes das tarefas, tem-se as seguintes hipóteses:

- O método de linha viva tem um impacto direto significativo na aplicação em um caso real.
- O processo de troca de isoladores em cadeia em ancoragem envolve etapas específicas e procedimentos.
- Existem razões para utilizar o método de linha viva em vez do método de desligar a linha.

Para constatar essas hipóteses, será realizado um estudo detalhado que abrange normas e procedimentos aplicados no método de linha viva a distância. Esse estudo compreenderá desde o conhecimento teórico até a execução da tarefa, visando obter respostas para as perguntas levantadas

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 OBJETIVO GERAL

Este trabalho tem como objetivo geral apresentar e realizar uma comparação entre o método de linha viva e o método considerando o desligamento de parte do circuito elétrico. Para que este objetivo seja alcançado, um estudo de caso envolvendo a troca de uma cadeia de isoladores em ancoragem será analisado considerando ambos os métodos.

1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Os objetivos específicos deste Trabalho de Conclusão de curso são:

- Caracterizar o estudo de caso que exigirá uma manutenção;
- Descrever o método de manutenção do tipo linha viva aplicado ao estudo de caso;
- Descrever o método de manutenção com a linha desligada.
- Realizar discussões e análises comparativas entre os dois métodos descritos.

1.5 ESTRUTURA DO TRABALHO

A monografia em questão está estruturada em cinco capítulos que abordam diferentes aspectos do tema. O Capítulo 2 consiste em uma revisão bibliográfica que explora conceitos fundamentais necessários para a compreensão deste trabalho. Através dessa revisão, busca-se estabelecer uma base sólida de conhecimento.

No Capítulo 3, é apresentada a metodologia proposta e sua aplicação no contexto do sistema elétrico de potência. Esse capítulo detalha como a metodologia foi desenvolvida e como ela pode ser implementada de forma prática.

O Capítulo 4 concentra-se nos resultados obtidos a partir da aplicação da metodologia proposta. Aqui, são discutidos os dados coletados, as análises realizadas e os *insights* adquiridos por meio desses resultados.

Por fim, o Capítulo 5 dedica-se às conclusões do trabalho, oferecendo uma síntese dos principais achados e destacando suas implicações. Além disso, são apresentadas recomendações para trabalhos futuros, apontando possíveis direções de pesquisa e aprofundamento do tema. Com essa estrutura de capítulos, busca-se fornecer uma abordagem abrangente e coerente, permitindo que o leitor acompanhe o desenvolvimento do tema de forma organizada e compreensível.

CAPÍTULO 2 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Este capítulo apresenta um levantamento bibliográfico sobre os conceitos essenciais para o melhor entendimento deste Trabalho de Conclusão de Curso. Dessa forma, são abordados os aspectos gerais do método de linha viva a distância em linhas de distribuição, com ênfase nos procedimentos realizados, segurança, impactos no sistema elétrico e instrumentos para aplicação do método.

2.1. SISTEMA ELÉTRICO DE POTÊNCIA

O propósito do sistema elétrico de potência é servir ao consumo de energia seguindo critérios de qualidade, confiabilidade, economia, dentre outros.

A prestação do serviço de energia requer a integração de diferentes sistemas, compreendendo geradores, transformadores, linhas de transmissão e distribuição, reguladores de tensão e alimentadores de distribuição. SILVA, A.J (2017).

Os geradores desempenham o papel de converter uma fonte significativa de energia em energia elétrica, inicialmente produzindo tensões na faixa de 10 a 30 kV. Posteriormente, essa energia é elevada por meio de transformadores e transferida para as linhas de transmissão da rede, que operam normalmente em tensões de 69 kV, 138 kV, 230 kV e 500 kV. Essa transmissão de potências elevadas com níveis de tensão mais altos tem como objetivo reduzir os valores das correntes elétricas. Ao trabalhar com correntes menores, é possível observar uma diminuição nas perdas de energia elétrica durante a transmissão e distribuição, além da redução da seção transversal dos condutores de energia. SILVA, A.J (2015).

As classes de tensão de transmissão/ distribuição são muito elevadas para serem distribuídas para consumo. Desse modo, a energia passa por transformadores abaixadores a fim de reduzir o nível de tensão para valores apropriados, para posteriormente ser utilizada pelo sistema de distribuição de energia elétrica. OLIVEIRA, T.S (2018).

2.2. TENSÕES USUAIS NO SISTEMA ELÉTRICO DE POTÊNCIA

De acordo com o decreto emitido pelo Ministério de Minas e Energia/ Empresa de Pesquisa Energética (MME/EPE, 2015), são estabelecidos os valores eficazes das tensões utilizadas no Brasil com frequência de 60 Hz, conforme apresentado na

Tabela 1.

Tabela 1: Tensões Usuais em Sistemas de Potência.

Tensões Usuais no Sistema Elétrico de Potência			
Tensão (kV)		Campo de Aplicação	Área do Sistema de Potência
Padronizada	Existente		
0,220/0,127	0,110	Distribuição Secundária (BT)	
0,380/0,220	0,230/0,115		
13,8	11,9	Distribuição Primária (MT)	Distribuição
34,5	22,5		
34,5	88,0	Subtransmissão (AT)	
69,0			
138,0			
138,0	440,0 750,0	Transmissão (AT)	Transmissão
230,0			
345,0			
500,0			

Fonte: Adaptado de MME/EPE (2015).

2.3. CONCEITOS DE MANUTENÇÃO EM LINHA VIVA

As atividades de manutenção em linha viva referem-se a todos os serviços realizados em linhas de transmissão (LTs), linhas de distribuição (LDs), subestações (SEs) e rede de distribuição de energia (RD), que envolvem o contato direto do técnico de manutenção ou o uso de ferramentas isolantes em partes energizadas, além de partes sujeitas à indução das LTs, LDs, SEs ou RDs.

As manutenções em linha viva podem ser classificadas em linha viva ao contato, linha viva a distância e linha viva ao potencial:

2.3.1 LINHA VIVA AO CONTATO

A manutenção em linha viva ao contato, Figura 1, refere-se a todas as atividades realizadas em subestações (SEs), linhas de distribuição (LDs), rede de distribuição (RDs) ou linhas de transmissão (LTs), nas quais o técnico de manutenção entra em contato direto com partes energizadas ou sujeitas à indução. Essas partes podem estar cobertas por um lençol isolante, capa isolante, ou o técnico pode usar luvas e mangas isolantes para proteção.

Figura 1: Linha viva ao contato.



Fonte: Cemig Distribuição S.A. - Divinópolis MG - 2021.

2.3.2 LINHA VIVA A DISTÂNCIA

O método à distância refere-se ao trabalho realizado utilizando bastões isolados de içamento e fixação, bem como bastões manuais isolados com ferramentas de encaixe universal, inseridos em um dos seus extremos. Nesse método, ocorre o contato indireto do técnico de manutenção com a linha de distribuição por meio dos bastões isolantes, que entram em contato com partes energizadas ou sujeitas à indução.

Neste método, conforme ilustrado nas Figuras 2 e 3, o eletricitista deve seguir rigorosamente a distância mínima de segurança entre a fase e o solo, bem como entre as fases.

Figura 2: Abertura de jumper através do método de linha viva a distância.



Fonte: Cemig Distribuição S.A. - Divinópolis MG - 2021.

Figura 3: Instalação de by-pass através do método de linha viva a distância.



Fonte: Cemig Distribuição S.A. - Divinópolis MG - 2021.

2.3.3 LINHA VIVA AO POTENCIAL.

Conforme mencionado por Da Silva (2013, p.26), as manutenções realizadas em subestações (SEs), linhas de transmissão (LTs) ou linhas de distribuição (LDs) envolvem o contato direto do técnico de manutenção. Nesse caso, o técnico está vestido com vestimenta condutiva e isolada do solo, assim como de outras fases, por meio de andaimes isolados ou escadas isoladas. Durante essa manutenção, o próprio técnico fica sob uma das fases do circuito ou em contato direto com ela, estabelecendo uma equalização com a mesma. Essa equalização é possível devido à presença de campos eletromagnéticos ao redor de um cabo energizado.

Ainda conforme DA SILVA (2013) o corpo humano na presença desses campos eletromagnéticos comporta-se como um condutor e os efeitos provocados por esses campos eletromagnéticos são contidos através de técnicas de equalização do potencial e através da utilização de equipamentos de proteção individual adequados como vestimenta condutiva, bota condutiva e bastão de equalização como visto na Figura 4.

Figura 4: Entrando no potencial através do método de linha viva ao potencial.



Fonte: Cemig Distribuição S.A. - Divinópolis MG - 2021.

2.4 ASPECTOS DE SEGURANÇA PARA TRABALHOS COM LINHA VIVA À DISTÂNCIA

2.4.1 CONDIÇÕES METEOROLÓGICAS

Fator de muita importância ao fazer uso desta técnica é atentar-se a umidade relativa do ar / temperatura ambiente, pois esse quando não dentro dos valores de referência ou padrão, se torna motivo suficiente para que o serviço de manutenção seja proibido e cancelado até que se tenha valores de umidade compatíveis com os descritos em normas. CEMIG – MT-LD00020 (2016).

O instrumento utilizado para o monitoramento da umidade relativa do ar é o termo-higrômetro, mostrado na Figura 5, instrumento de uso obrigatório nos trabalhos de linha viva, pois ele fará a indicação instantânea no local de serviço, mostrando a temperatura ambiente e umidade relativa do ar. CEMIG – MT-LD01000-RH/EC-161G (2016).

Tais variáveis, por si só, não podem ser consideradas decisivas para determinar a execução ou não de determinados trabalhos, mas são indicadores importantes que devem ser levados em consideração.

A condição ideal para a realização de trabalhos em linha viva é quando o dia apresenta sol intenso, ausência de vento e baixa umidade relativa do ar. Trabalhos não são permitidos sob condições de chuva, névoa, neblina, garoa ou ventos fortes. É necessário monitorar constantemente as condições atmosféricas, especialmente

quando as condições são incertas. Os trabalhos em linha viva não devem ser iniciados se houver risco de chuva antes do prazo estipulado para a conclusão do serviço. Caso ocorra uma mudança repentina nas condições climáticas durante a execução dos trabalhos, como chuva ou garoa, os trabalhos devem ser interrompidos. Além disso, segundo a Cemig distribuição na norma MT-LD01000-RH/EC-161G (2016) as ferramentas isolantes que estiverem em contato com pontos energizados só poderão ser manuseadas após serem certificadas de que estão limpas e secas.

De acordo com Da Silva (2013), é observado que grandes concessionárias, como a Eletrosul, recomendam que os serviços sejam realizados apenas quando a umidade estiver abaixo de 70%. Já a Cemig estabelece um máximo de 65% de umidade relativa para a execução dos serviços.

Figura 5: Termo-Higrômetro digital.



Fonte: Cemig Distribuição S.A. - Divinópolis MG - 2023.

2.4.2 TESTE DE AUSÊNCIA DE TENSÃO

Com o objetivo de assegurar a segurança dos trabalhadores envolvidos nas atividades de Linha Viva (LV), é de extrema importância que o supervisor do serviço solicite à equipe responsável pela operação do sistema, seja na Linha de Distribuição (LD) ou em equipamentos da Subestação (SE), a desativação do mecanismo de religamento automático (RA) do circuito. Essa medida é essencial para evitar qualquer possibilidade de acidentes ou lesões aos participantes, tendo

em vista que o religamento automático em condições normais pode resultar em altas tensões e correntes perigosas. Portanto, a retirada do RA é indispensável para garantir a segurança durante a execução das atividades de LV.

Com o objetivo de assegurar que o circuito no local da intervenção está de fato energizado e permanecerá assim durante a intervenção, utiliza-se um testador de ausência de tensão, visto na Figura 6. Esse dispositivo é conectado a um bastão de manobra e posicionado próximo a uma parte energizada do circuito, emitindo um sinal sonoro caso não haja tensão presente. Nesse cenário, o supervisor da atividade ordena a interrupção dos serviços e solicita que os executores se afastem por questões de segurança. Em seguida, a equipe de operação comunica-se com o supervisor para relatar o ocorrido e solicitar autorização para realizar os testes de religamento do circuito.

Figura 6: Testador de ausência de tensão



Fonte: Fonte: Cemig Distribuição S.A. - Divinópolis MG - 2023

A Ritz/Terex (2015) determina que o testador seja fabricado de acordo com a norma internacional IEC61243-1, dispondo de sistema de teste de funcionamento e estado “stand-by” com operação na frequência de 60Hz.

Na tabela 2, observam-se três modelos de testadores e suas especificações.

Tabela 2 – Especificações de modelos de testadores.

Referência de Catálogo	Faixas de Tensão	Classe de Tensão	Cor do Instrumento	Peso Aprox. (kg)
NHL 10-40	10 kV - 40 kV	Média	Laranja	0,72
NHL 20-80	20 kV - 80 kV	Média-alta	Laranja	0,72
NHL 60-240	60 kV - 240 kV	Alta	Preto	0,72

Fonte: Adaptado de Ritz/Terex (2015).

2.4.3 TESTADOR DE BASTÕES

De acordo com Ritz/Terex (2015), o testador portátil, Figura 7, é usado para ensaios elétricos periódicos em bastões isolantes de linha viva, bastões e varas de manobra, escadas de linha viva e andaime isolante que detectam a corrente de fuga causada por umidade, trincas e impurezas na superfície ou no interior dos bastões isolantes.”

O manuseio do testador é fácil e simples, podendo ser realizado por um único operador. Basta o contato direto do testador com a superfície a ser testada, que indicará o resultado por meio dos termos "APROVADO" ou "REPROVADO" exibidos em um gráfico, com base na corrente de fuga do elemento sendo testado.

Figura 7: Testador de Bastão



Fonte: Cemig Distribuição S.A. - Divinópolis MG - 2023

2.4.4 DISTÂNCIAS DE SEGURANÇA

De acordo com Da Silva (2013), a utilização de bastões isolantes e ferramentas isolantes é regida por critérios de segurança rigorosos, incluindo a estrita observância e respeito às distâncias de segurança, que variam de acordo com os diferentes níveis de tensão. É relevante observar que essa questão não apenas se relaciona à segurança do técnico de manutenção, mas também possui um impacto significativo na ergonomia do trabalho, conforme descrito por Santana (2004) na Análise Ergonômica do Trabalho de Manutenção de Linhas de Transmissão.

A Norma Regulamentadora 10 (NR-10), em seu item 10.7 – TRABALHOS ENVOLVENDO ALTA TENSÃO (AT), estabelece, através do subitem 10.7.1, que os trabalhadores que intervenham em instalações energizadas com AT, que exerçam

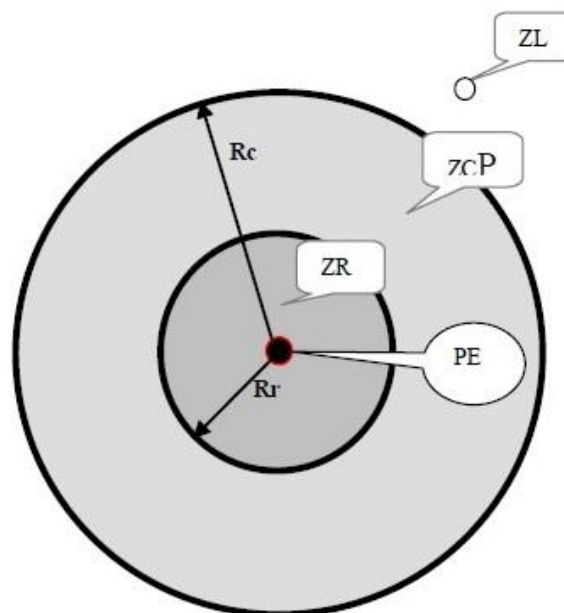
suas atividades dentro dos limites estabelecidos como zonas controladas e de risco, conforme Anexo I, devem atender ao disposto no item 10.8 desta NR. (O item 10.8 trata da qualificação, habilitação, capacitação e autorização dos trabalhadores que trabalham nas zonas controladas e de risco. NR-10 (2004)

A determinação da Área de Perigo, de acordo com a Norma Regulamentadora 10 (2004), envolve a área adjacente à parte condutora energizada, que não está isolada e é acessível, inclusive acidentalmente. Essa área possui dimensões definidas de acordo com o nível de tensão e só pode ser acessada por profissionais autorizados, utilizando técnicas e ferramentas de trabalho apropriadas.

De maneira similar, a NR-10 (2004) estipula que a Área Controlada consiste na proximidade da parte energizada, não segregada e acessível, com dimensões determinadas conforme o nível de tensão. Essa área só pode ser acessada por profissionais autorizados.

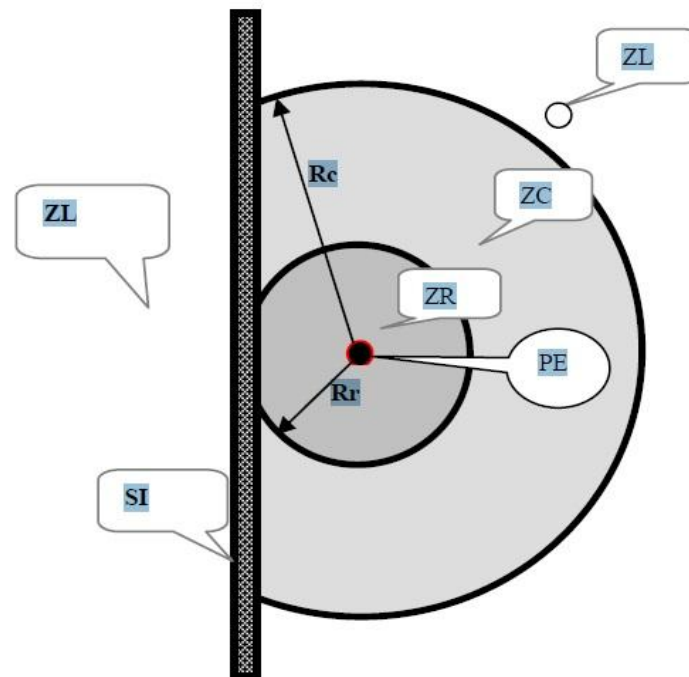
Neste contexto, a NR-10 (2004) introduziu duas novas definições: Zona de Risco e Zona Controlada, como mostradas nas Figuras 8 e 9.

Figura 8: Distâncias no ar que delimitam radialmente as zonas de risco, controlada e livre



Fonte: NR 10 - anexo II - 2004

Figura 9: Distâncias no ar que delimitam radialmente as zonas de risco, controlada e livre, com interposição de superfície de separação física adequada.



Fonte: NR 10 - anexo II – 2004

Onde:

ZL = Zona livre

ZC = Zona controlada, restrita a trabalhadores autorizados.

ZR = Zona de risco, restrita a trabalhadores autorizados e com a adoção de técnicas, instrumentos e equipamentos apropriados ao trabalho.

PE = Ponto da instalação energizada.

SI = Superfície isolante construída com material resistente e dotada de todos dispositivos de segurança.

Apesar disso, diversas empresas optaram por manter o termo "distância de segurança" para evitar ambiguidades e possíveis dúvidas. As distâncias padrões utilizadas são bastante semelhantes às descritas na NR-10, uma vez que a norma apenas estabelece faixas de tensão, conforme apresentado na Tabela 3.

Tabela 3: Distâncias de segurança.

Distâncias de segurança segundo NR-10		
Faixa de tensão nominal da instalação elétrica em kV	Rr - Raio de delimitação entre zona de risco e controlada em metros (m)	Rc - Raio de delimitação entre zona controlada e zona livre em metros (m)
<1	0,20	0,70
≥1 e <3	0,22	1,22
≥3 e <6	0,25	1,25
≥6 e <10	0,35	1,35
≥10 e <15	0,38	1,38
≥15 e <20	0,40	1,40
≥20 e <30	0,56	1,56
≥30 e <36	0,58	1,58
≥36 e <45	0,63	1,63
≥45 e <60	0,83	1,83
≥60 e <70	0,90	1,90
≥70 e <110	1,00	2,00
≥110 e <132	1,10	3,10
≥132 e <150	1,20	3,20
≥150 e <220	1,60	3,60
≥220 e <275	1,80	3,80
≥275 e <380	2,50	4,50
≥380 e <480	3,20	5,20
≥480 e <700	5,20	7,20

Fonte: NR-10 - 2004

2.5 COMPOSIÇÃO DO SISTEMA DE DISTRIBUIÇÃO DE 69 KV A 161 KV.

2.5.1 ESTRUTURAS DAS TORRES E FERRAGENS

De acordo com Menezes (2015), as estruturas da rede de transmissão/distribuição são componentes essenciais fabricados em materiais como aço, alumínio, madeira ou concreto armado. Elas desempenham duas funções cruciais para o sistema: sustentar fisicamente o circuito elétrico e manter um espaçamento adequado entre cabos condutores e para-raios. Juntamente com os cabos e fundações, as estruturas representam uma parte significativa dos custos envolvidos na construção de linhas aéreas de distribuição/transmissão.

Ainda segundo Menezes (2015) as estruturas treliçadas de aço são amplamente empregadas na construção de linhas de alta/extra-alta tensão, devido à

sua notável flexibilidade, que permite variações em altura e peso conforme as necessidades do projeto. Essas estruturas oferecem aos condutores a capacidade de organização vertical, horizontal ou triangular, tanto em circuitos simples quanto em circuitos duplos. Embora o alumínio seja mais leve e menos suscetível à corrosão em comparação ao aço, seu alto custo de fabricação limita sua utilização em grande escala. Por outro lado, a madeira e o concreto armado são mais comumente empregados em linhas de distribuição de energia, devido a restrições elétricas e físicas, como peso e comprimento.

Em termos gerais, há várias maneiras de classificar as estruturas das linhas de distribuição/transmissão. Quando os esforços são direcionados do topo das estruturas para o solo, elas são classificadas como autoportantes. Por outro lado, quando os esforços são distribuídos entre cargas de tração e de compressão e transmitidos ao solo por meio de cabos de estai, elas são classificadas como estaiadas.

De acordo com Menezes (2015), as estruturas das linhas de distribuição/transmissão também podem ser classificadas com base no tipo de sustentação que oferecem aos cabos condutores. Nesse sentido, as estruturas de suspensão têm a função principal de apoiar os cabos condutores, suportando principalmente esforços de tração na direção vertical e mantendo-os afastados do solo e entre si. Já as estruturas de ancoragem são projetadas para resistir a maiores esforços de tração na direção horizontal, além de suportar maiores deflexões e evitar um efeito cascata indesejável de queda dos suportes. Em comparação às estruturas de suspensão, as torres de ancoragem são mais robustas e têm pesos maiores para uma mesma altura.

As torres autoportantes são observadas tanto com cadeias de isoladores do tipo ancoragem, Figura 10, quanto de suspensão, Figura 11. De acordo com Menezes (2015) são normalmente instaladas em locais montanhosos, de difícil acesso, em torres terminais (ou fim de linha) onde há a obrigatoriedade de empregar estruturas de ancoragem, assim como em vértices com deflexões acentuadas.

Figura 10: Estrutura autoportante com cadeia de isoladores tipo ancoragem.



Fonte: Autor - Divinópolis MG - 2021.

Figura 11: Estrutura autoportante com cadeia de isoladores do tipo suspensão.



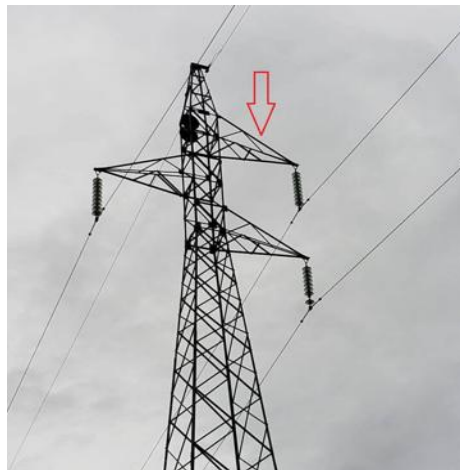
Fonte: Autor - Divinópolis MG - 2021

2.5.2 MÍSULA

As torres de transmissão desempenham um papel crucial no sistema elétrico, permitindo a transmissão eficiente e confiável de energia elétrica por longas distâncias. Um componente essencial dessas torres é a mísula, responsável por fixar e sustentar a cadeia de isoladores.

A mísula é um componente estrutural chave nas torres de transmissão, projetada para fornecer suporte e fixação adequados à cadeia de isoladores. A principal função da mísula é garantir a estabilidade e segurança dos isoladores suspensos, isolando eletricamente os cabos condutores das torres e do solo. Além disso, a mísula, Figuras 12 e 13, também ajuda a distribuir as cargas mecânicas ao longo da estrutura da torre.

Figura 12: Mísula.



Fonte: Autor - Divinópolis MG - 2023.

Figura 13: Mísula.



Fonte: Autor - Divinópolis MG - 2023.

As mísulas são projetadas levando em consideração diversos aspectos, como a carga máxima que devem suportar, as condições ambientais locais e as

especificações técnicas das torres de transmissão. As mesmas podem variar em forma e tamanho, dependendo da configuração da torre e do tipo de isoladores utilizados.

Quanto aos materiais utilizados na fabricação das mísulas, estes devem apresentar características mecânicas adequadas, resistência à corrosão e durabilidade. Os materiais comumente empregados são o aço estrutural de alta resistência, o concreto armado e, em alguns casos, ligas de alumínio. A escolha do material depende das necessidades específicas de cada projeto e dos critérios de engenharia adotados.

O projeto das mísulas deve seguir normas e padrões técnicos específicos, considerando as cargas estáticas e dinâmicas a que estarão sujeitas. É essencial realizar análises estruturais detalhadas para garantir a segurança e estabilidade das mísulas, levando em conta fatores como ventos, cargas elétricas, peso dos isoladores e outras condições ambientais.

2.5.3 MANILHA

A manilha desempenha um papel crucial nas torres de transmissão, sendo responsável por conectar e fixar a cadeia de isoladores na estrutura da torre. A manilha, Figura 14, é projetada para garantir a estabilidade e segurança dos isoladores suspensos, que são responsáveis por isolar eletricamente os cabos condutores da torre e do solo. Além disso, a manilha auxilia na distribuição de cargas mecânicas ao longo da estrutura da torre.

As manilhas são projetadas levando em consideração vários fatores, como a carga máxima que devem suportar, as condições ambientais locais e as especificações técnicas das torres de transmissão. As mesmas podem variar em forma e tamanho, dependendo da configuração da torre e do tipo de isoladores utilizados.

No que diz respeito aos materiais utilizados na fabricação das manilhas, estes devem apresentar características mecânicas adequadas, resistência à corrosão e durabilidade. Os materiais comumente empregados são o aço carbono, aço inoxidável e ligas de alumínio. A escolha do material depende das necessidades específicas de cada projeto, levando em consideração fatores como resistência à tração, resistência à corrosão e vida útil desejada.

Figura 14: Manilha.



Fonte: Autor - Divinópolis MG - 2023.

2.5.4 CONCHA

A concha é um componente estrutural crítico nas torres de transmissão, sendo responsável por fixar a cadeia de isoladores. Sua principal função é fornecer suporte e estabilidade aos isoladores suspensos, que são responsáveis por isolar eletricamente os cabos condutores da torre e do solo. Além disso, a concha ajuda a distribuir as cargas mecânicas ao longo da estrutura da torre, proporcionando maior resistência e segurança.

As conchas são cuidadosamente projetadas levando em consideração diversos fatores, tais como o tipo de torre, a configuração da cadeia de isoladores e as condições ambientais locais. Elas podem apresentar variações em forma e tamanho, de acordo com as especificações do projeto da torre. A Figura 15, a seguir, ilustra um exemplo de concha.

Figura 15: Concha.



Fonte: Autor - Divinópolis MG - 2023.

No que diz respeito aos materiais utilizados na fabricação das conchas, estes devem apresentar características mecânicas adequadas, resistência à corrosão e

durabilidade. Os materiais comumente empregados são o aço carbono, aço inoxidável e ligas de alumínio. A escolha do material depende das exigências de resistência e das condições ambientais a que as conchas estarão expostas.

O projeto das conchas deve seguir normas e padrões técnicos específicos, levando em consideração as cargas estáticas e dinâmicas a que estarão sujeitas. É essencial realizar análises estruturais detalhadas para garantir a estabilidade e a segurança das conchas, considerando fatores como ventos, cargas elétricas, peso dos isoladores e outras condições ambientais.

2.6 ISOLADORES

Como descrito por Menezes (2015), o desempenho elétrico das linhas de transmissão está diretamente relacionado com o comportamento dos seus isoladores. Pois os mesmos tem a função de sustentar os cabos e mantê-los eletricamente isolados das estruturas.

Em linhas aéreas, os cabos são suspensos e isolados das torres por meio de cadeias de isoladores, que são submetidos a forças verticais e horizontais. O número de peças de isoladores nessas cadeias varia de acordo com o nível de tensão da linha e é importante que esses isoladores possam resistir a surtos de tensão provenientes de descargas atmosféricas ou de manobras realizadas no sistema elétrico.

Os isoladores utilizados são produzidos comumente a partir de materiais como vidro temperado, porcelana ou compostos poliméricos. Esses materiais possuem propriedades dielétricas, que proporcionam uma eficiente isolação para o sistema, ao mesmo tempo em que são capazes de suportar as cargas mecânicas aplicadas à estrutura.

Conforme mencionado pela Cemig distribuição na norma – MT-LD01000-RH/EC-161G (2016), os isoladores de vidro, conforme ilustrado na Figura 16, possuem a vantagem de não esconder defeitos, uma vez que falhas no dielétrico desses isoladores são facilmente identificáveis, permitindo manutenções adequadas, pois se quebram completamente. Devido a esse motivo e à sua menor necessidade de manutenção e baixo índice de defeitos, os isoladores de vidro são amplamente utilizados em linhas de distribuição/transmissão.

Figura 16: Cadeias de isoladores de vidro.



Fonte: Autor - Divinópolis MG - 2023.

De acordo com Menezes (2015), o isolador polimérico, representado na Figura 17, são fabricados em uma única peça, independentemente da classe de tensão. Apesar de serem mais leves e, conseqüentemente, mais fáceis de manusear e transportar, esses isoladores apresentam desempenho elétrico e mecânico comparáveis aos isoladores de vidro e porcelana. Além disso, eles oferecem vantagens como alta flexibilidade do conjunto, possibilidade de compactação de LD's/LT's e resistência significativa ao vandalismo.

Figura 17: Isolador tipo polimérico.



Fonte: Cemig Distribuição S.A. - Divinópolis MG - 2023

A manipulação dos isoladores exige cautela devido à sua fragilidade, uma vez que qualquer dano físico pode resultar em vazamentos de energia ou até mesmo no rompimento da isolação. Portanto, é necessário adotar precauções específicas durante o armazenamento, transporte e montagem desses materiais, a fim de garantir sua integridade e funcionamento adequado.

2.7 FERRAMENTAS DE LINHA VIVA

As ferramentas utilizadas na técnica de linha viva consistem principalmente em bastões e componentes metálicos feitos de ligas especiais de alumínio e bronze-alumínio. Devido à natureza de sua aplicação, em que requisitos de segurança estão implicitamente incorporados às normas de trabalho, essas ferramentas são produzidas com um rigoroso controle de qualidade, desde a seleção dos materiais até os testes finais durante a inspeção. Esses testes são conduzidos aplicando-se uma tensão aproximada de 100 kV a cada intervalo de 30 cm.

De acordo com Ritz/Terex (2019), as peças de alumínio passam por um tratamento térmico rigorosamente controlado, visando preservar as propriedades físicas do material utilizado. Além disso, antes de serem disponibilizadas no mercado, todas as novas ferramentas são submetidas a testes para garantir suas características construtivas e operacionais conforme o projeto.

A Fabricante Ritz/Terex (2019) alerta para que as ferramentas sejam manuseadas, instaladas e armazenadas unicamente por pessoas treinadas e que estejam familiarizadas com os procedimentos de operação e que cumpram as normas de segurança aplicáveis.

É essencial realizar a inspeção visual e o teste elétrico das ferramentas de linha viva antes de cada utilização, como uma medida de segurança. Essa verificação pode ser feita pelo próprio usuário. Além disso, é importante garantir a limpeza adequada das ferramentas antes de entregá-las aos eletricitistas nas estruturas. Isso pode ser feito utilizando um pano seco e, em seguida, um tecido específico para a limpeza de bastões. Durante o processo de limpeza, é possível realizar uma inspeção visual minuciosa das partes metálicas e isolantes das ferramentas.

Seguindo as orientações da Ritz/Terex (2019), uma recomendação importante é mantê-las sempre secas, evitando o contato direto com o solo. Para isso, é aconselhado armazená-las no veículo ou na carreta de ferramentas até o momento de utilização. Ao serem utilizadas, é fundamental colocá-las em um suporte apropriado, como um cavalete para bastões. Além disso, é essencial colocar as ferramentas somente em uma superfície coberta por uma lona limpa e seca, protegendo-as contra poeira e humidade.

Considerando a natureza da aplicação e a diversidade das condições de uso das ferramentas de linha viva, são sugeridas pela Ritz/Terex (2019) as seguintes recomendações:

- Realizar inspeção visual antes de cada utilização.
- Realizar ensaios mecânicos, aplicando a carga nominal das ferramentas, com frequência a ser determinada pelo usuário, levando em consideração a gravidade das utilizações anteriores.
- Realizar ensaios elétricos periódicos, conforme estabelecido pelas normas internacionais e pela NR-10.

2.7.1 BASTÕES DE LINHA VIVA

Os bastões isolados para linha viva apresentam-se bastantes versáteis, pois um mesmo bastão pode servir para as mais variadas funções, sendo em alguns casos o bastão tendo um encaixe universal para a adaptação das mais variadas ferramentas em sua extremidade. Um grande exemplo seria o bastão universal, como o próprio nome sugere, ele é capaz de apresentar várias configurações de uso. As Figuras 18, 19 e 20, mostram a versatilidade da extremidade do bastão universal como também configurações possíveis de ferramentas em sua extremidade.

Figura 18: Bastão universal.



Fonte: Cemig Distribuição S.A. - Divinópolis MG - 2023

Figura 19: Bastão universal com garfo-boleto.



Fonte: Autor - Divinópolis MG - 2023.

Figura 20: Bastão universal com sacador de contra-pino.



Fonte: Autor - Divinópolis MG - 2023.

Conforme ilustrado nas Figuras 18, 19 e 20, a extremidade dos bastões foi projetada de forma simples para permitir a adaptação às ferramentas desejadas. Essa extremidade apresenta um relevo autotravante que possibilita o encaixe seguro da ferramenta. Além disso, na mesma região, há um parafuso que garante o ajuste firme da ferramenta, evitando que ela se solte durante a execução das atividades.

De acordo com a Ritz/Terex (2019), os bastões de linha viva requerem cuidados periódicos, seguindo as condições ideais de utilização:

- Limpeza dos bastões: É recomendado remover a maioria das impurezas com um pano seco. Caso haja graxa ou gordura, utiliza-se um pano embebido em álcool isopropílico ou ecothinner para a limpeza, certificando-se de não deixar resíduos. Após a limpeza e secagem, utiliza-se um tecido específico para limpeza de bastões, impregnado com substância adequada para a proteção dos mesmos. Em seguida, realiza-se um teste elétrico no bastão usando um equipamento apropriado para verificar se todas as impurezas foram removidas.

- Reparo dos bastões: A aplicação do restaurador de brilho é recomendada apenas quando fica evidente que o revestimento está em más condições. Antes de aplicar o restaurador, o bastão deve ser seco e, em seguida, uma lixa fina é utilizada para remover o restaurador antigo. O bastão deve ser limpo novamente com solvente e seco com um pano limpo antes da aplicação do restaurador de brilho.

- Recuperação de rupturas: Se houver danos mais significativos além da superfície, pode-se utilizar um restaurador de rupturas para preencher a área danificada. Em seguida, utiliza-se uma lixa fina para remover o excesso de restaurador.

2.7.2 JULGO

De acordo com o manual da Ritz/Terex (2022), o julgo é uma ferramenta de acoplamento dos bastões tensores aos balancins, prolongadores ou em outro tipo de suporte nas estruturas para aliviar a tensão mecânica de uma cadeia de isoladores simples ou dupla, na ancoragem ou suspensão, a fim de substituir os isoladores danificados ou mesmo para cadeias inteiras para reforçar a classe de isolação.

Os julgos são desenvolvidos para se ajustar em diversas configurações de estruturas. São construídos em liga de alumínio fundido tratada termicamente ou em chapa de alumínio laminado. As Figuras 21 e 22 ilustram julgos de lado energizado e de lado desernegizado.

Figura 21: Julgo lado energizado.



Fonte: Autor - Divinópolis MG - 2023.

Figura 22: Julgo lado desernegizado.



Fonte: Autor - Divinópolis MG - 2023.

2.8 ESCADA TRAPÉZIO

Escada trapezoidal é um equipamento especialmente projetado para auxiliar os profissionais que atuam nas linhas de distribuição. Sua estrutura trapezoidal proporciona estabilidade e segurança durante o acesso às estruturas verticais, como

postes e torres, presentes nessas linhas. Com degraus ao longo de seu comprimento, a escada trapezoidal permite alcançar diferentes alturas com praticidade e eficiência.

A utilização da escada trapezoidal nas linhas de distribuição de energia elétrica apresenta resultados significativos em termos de segurança e eficiência operacional. A sua utilização tem grande destaque nos trabalhos nas torres de distribuição, pois a escada trapezoidal proporciona um acesso mais seguro e estável às estruturas verticais, permitindo que os profissionais realizem suas tarefas com maior tranquilidade e agilidade. A figura 23 a seguir apresenta a referida escada trapézio.

Figura 23: Escada Trapézio.



Fonte: Autor - Divinópolis MG - 2023.

2.9 GARRA DE TRAÇÃO

As garras para tracionamento de cabos em linhas de distribuição desempenham um papel crucial nas operações de manutenção e instalação. Essas garras, também conhecidas como garras de tração, são projetadas para proporcionar um meio seguro e eficiente de puxar cabos elétricos ao longo das estruturas de transmissão.

As garras de tração são fabricadas com materiais de alta resistência e durabilidade, capazes de suportar as forças de tração exercidas durante o processo de puxar os cabos. Elas são especialmente projetadas para se prenderem firmemente aos cabos, garantindo um controle adequado e evitando deslizamentos indesejados durante o tracionamento.

Ao utilizar a garra de tração, Figura 24, os profissionais podem aplicar força de maneira controlada e segura, garantindo que o cabo seja puxado de forma suave e consistente ao longo das estruturas de distribuição. Isso é essencial para evitar danos aos cabos e garantir a integridade do sistema elétrico como um todo.

Além disso, as garras de tração são projetadas levando em consideração a facilidade de uso e a ergonomia. Elas possuem um design que permite uma operação eficiente e confortável para os profissionais envolvidos, reduzindo a fadiga durante o tracionamento dos cabos.

Figura 24: Garra de tração.



Fonte: Autor - Divinópolis MG - 2023.

É importante ressaltar que o uso adequado das garras de tração requer conhecimento e treinamento adequados. Os profissionais devem estar familiarizados com as instruções de segurança e operação fornecidas pelo fabricante, a fim de garantir uma utilização correta e minimizar os riscos associados

2.10 CATRACA / TALHA

A catraca ou talha é um equipamento mecânico utilizado para o levantamento, movimentação e suspensão de cargas pesadas em diversas áreas, incluindo a construção civil, indústria, logística e manutenção. É uma ferramenta essencial para facilitar o trabalho humano e aumentar a eficiência na manipulação de materiais.

A catraca/talha, como vista na Figura 25, consiste em um sistema composto por uma roda dentada, uma corrente ou cabo de aço, e um mecanismo de engrenagem que permite o movimento e o controle da carga. Ela é projetada para suportar cargas de diferentes pesos e tamanhos, dependendo de sua capacidade de carga.

Figura 25: catraca/talha.



Fonte: Autor - Divinópolis MG - 2023.

Essa ferramenta é amplamente utilizada em diversas atividades, como construção de estruturas, montagem de equipamentos, movimentação de cargas em armazéns e depósitos, entre outros. Sua versatilidade e capacidade de lidar com cargas pesadas tornam-nas indispensáveis em muitos setores da indústria.

CAPÍTULO 3 – METODOLOGIA

O objetivo desse capítulo consiste em descrever o método vinculado ao processo de pesquisa, bem como apresentar os procedimentos para a coleta e análise dos dados.

3.1 ANÁLISE BIBLIOGRÁFICA DE DOCUMENTOS TÉCNICOS E ACADÊMICOS EM LINHA VIVA A DISTÂNCIA

A Companhia Energética de Minas Gerais S.A (CEMIG) disponibilizou os manuais de procedimentos em linha viva a distância para a troca de isolador em cadeia em ancoragem em uma linha de distribuição. Para esta troca utilizaram-se os seguintes manuais e instruções.:

- Linha Viva em linhas de distribuição e Métodos a Distância e ao Potencial (2016).
- Procedimentos Básicos para trabalhos de manutenção de linhas com a técnica de linha viva (2017).
- Ferramentas para linha viva – Ritz/Terex (2017)
- Critérios Básicos para Capacitação em Linha Viva nas Tensões de 34,5 a 161 Kv. MT-LD-00020 (2016)
- Troca de Isoladores em Cadeia Simples de Ancoragem, Circuito Simples ou Duplo, em Estrutura Metálica de 69 e 138 kV em Linha Viva à Distância. MT-LD-00043 (2014)
- Troca de Isoladores em Cadeia Simples de Ancoragem, Circuito Simples ou Duplo, em Estruturas Metálicas de 34,5 a 161 kV, em Linha Desenergizada. MT-LD-00052 (2014)
- Manual de Instruções Técnicas de linha viva (2016).

Todos estes documentos apresentam procedimentos básicos para antes, durante e depois de cada execução da tarefa, bem como medidas de segurança e proteção que devem ser tomadas durante todo o procedimento. Tendo como base isso, a maior parte da pesquisa se deu através do estudo de todos os manuais e instruções fornecidos pela empresa.

Outros documentos importantes foram encontrados através da pesquisa acadêmica utilizando o seguinte procedimento:

- “Manutenção em Linha Viva”, pesquisar as palavras: “Linha Viva”, e

“Trabalhos em Linha Viva” em bases de dados de documentação científica (Capes, Google Acadêmico).

- Salvar todos os materiais encontrados em um diretório.
- Verificar toda a documentação coletada e analisar o quão relevante é para a pesquisa.

Agrega-se a essa pesquisa o estudo feito em catálogos e livros sobre o SEP, equipamentos elétricos e manutenções em linha viva.

A substituição de isoladores em cadeia em acoragem em linha viva é uma atividade relativamente comum. Com base nisso optou-se por aprofundar na análise deste procedimento específico.

Assim, foi possível compreender de maneira aprofundada como a atividade é executada.

3.1.1 DESCRIÇÃO DOS MÉTODOS

Para a pesquisa, o método é descrito com base nos seguintes pontos:

- Pesquisa de como ocorre a manutenção em linha viva na troca de isoladores.
- Pesquisa de como fazer a manutenção de troca de isoladores com a linha desligada.
- Execução da atividade em linha viva a distância para a validação do sistema de avaliação.

Para o desenvolvimento deste trabalho é de suma importância compreender como ocorre o processo de manutenção de linha viva.

O estudo desse processo, foi realizado em três etapas das quais são: análise bibliográfica de documentos técnicos e acadêmicos em linha viva a distância, consultas a profissionais do ramo a acompanhamento de execuções da atividade. Estas etapas são descritas em detalhes nas seções seguintes.

3.1.2 CONSULTA A PROFISSIONAIS DA ÁREA

As consultas sobre as técnicas de linha viva e linha desligada foram feitas a profissionais através de reuniões, inspeções e visitas na área de manutenção em linha viva. Nestas visitas foi possível assistir apresentações, execuções e discussões sobre temas envolvendo a viabilidade de se usar a técnica de linha viva e a técnica

de linha desligada. Essas apresentações foram desenvolvidas por técnicos e eletricitas especializados nesse tipo de atividade.

Para se ter um melhor entendimento de como acontece o processo de manutenções foi feita uma pesquisa com um técnico supervisor de serviços e eletricitas de manutenção de linhas de distribuição, os quais foram questionados sobre os diversos passos em relação ao procedimento utilizado na troca de isoladores. Dos questionários sobre o tema, os de mais relevâncias foram os seguintes:

- Qual é a importância da manutenção em linha viva para a Companhia de Energia hoje em dia?
- Como é o processo de troca de isoladores em cadeia em ancoragem?
- Por que utilizar o método de linha viva e não o método considerando o desligamento da linha?
- Como validar o método?

As repostas a essas perguntas estão descritas através de subseções presentes no capítulo 4 referente aos resultados, onde os procedimentos de troca de isoladores em ancoragem em linha ligada e em linha desligada são apresentados através de um caso real.

3.1.3 ACOMPANHAMENTO DE EXECUÇÕES DA ATIVIDADE

Sendo a linha viva utilizada em praticamente 70% das manutenções programadas da equipe de linhas de distribuição de Divinópolis (Equipe CEMIG), o conhecimento adquirido durante as execuções das atividades foi de suma importância para a escolha do estudo de caso da atividade, pois além de bastante vezes aplicado, este método mantém a continuidade do serviço para a empresa. O capítulo 4 será responsável por demonstrar os resultados obtidos.

Capítulo 4 - RESULTADOS

A seção 4.1 caracterizará a linha de distribuição do estudo de caso. As descrições dos métodos da linha viva e da linha desligada são realizadas, respectivamente, nas seções 4.2 e 4.3. Por fim, a seção 4.4 discute as vantagens e desvantagens de se utilizar o método de linha viva ao invés de método de linha desligada.

4.1 CARACTERIZAÇÃO DO CASO REAL DE TROCA DE ISOLADORES EM CADEIA DE ANCORAGEM EM LINHA VIVA

Para a realização do estudo de caso sobre troca de isoladores em cadeia em ancoragem em linha de distribuição pelo método linha viva a distância, foi feito um acompanhamento junto a equipe de linhas de distribuição da CEMIG, equipe esta que através de inspeções recorrentes localizou na linha de distribuição Passos 2 / Votorantim Cimentos Itaú de Minas 138 kV a necessidade da troca das três cadeias de isoladores em ancoragem, pois as mesmas se encontravam bastante avariadas e com possibilidade real de uma interrupção do fornecimento de energia.

4.1.2 CARACTERÍSTICAS DA LINHA DE DISTRIBUIÇÃO

A linha em que foi feita a substituição dos isoladores em cadeia de ancoragem através do método de linha viva distância, é a Passos 2 / Votorantim Cimentos Itaú de Minas, radial, e que está em operação desde 1983, possui uma extensão de 28,7 km tendo num total de 78 torres metálicas, destas, 25 estruturas são ancoragens e 53 suspensão, sendo a CEMIG distribuição a responsável pela operação e manutenção da mesma.

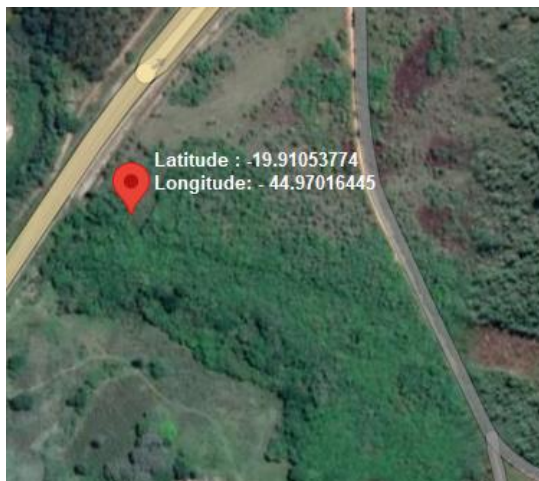
Os cabos utilizados para condutores fases são o PENGUIN – 4/0 – 107,2mm², já o cabo para-raios utilizado é o 5/16 HS por todo comprimento da linha. Esta linha é constituída tanto de isoladores de vidro quanto de isoladores de porcelana.

De acordo com dados fornecidos pelo PMO (Posto de Manutenção e Operação) da equipe CEMIG de Passos, a linha de distribuição é fornece em média o equivalente a 26,38 MW de potência diário.

A estrutura em que foi realizada a manutenção é a de número 70, estrutura do tipo ancoragem a qual apresentava quebra de isoladores de porcelana nas três fases. Esta estrutura está a 24,88 km da SE Passos 2 e 3,82 km da SE Votorantim

cimentos Itaú de Minas. A estrutura está localizada no município de Itaú de Minas MG e tem como pontos de localização: latitude -19.91053774 e longitude -44.97016445 como se observa na Figura 26 a seguir.

Figura 26: Localização estrutura nº70.



Fonte: Google Earth, 2023.

Assim que programada a manutenção na estrutura, a equipe aprovacionou os materiais adequados para a execução e deu prosseguimentos aos procedimentos descritos na seção 4.2.

4.2 DESCRIÇÃO DO PROCEDIMENTO PARA EXECUÇÃO DE TROCA DE ISOLADORES EM CADEIA EM ANCORAGEM PELO - MÉTODO DE LINHA VIVA A DISTÂNCIA 138kV.

4.2.1 QUANTIDADE DE EXECUTANTES PARA A ATIVIDADE E CONDIÇÃO PARA A EXECUÇÃO

Para a execução da atividade de troca de isoladores em cadeia simples de ancoragem, circuito simples ou duplo, em estrutura metálica de 138 kV em Linha Viva à distância, começa-se com a premissa de no mínimo 7 pessoas para a execução da atividade, sendo 1 supervisor de serviço e 6 profissionais de serviço de linhas e rede aéreas.

Após chegar ao local do serviço, o supervisor de serviço tem a obrigação de contactar o centro de operação da linha de distribuição pedindo a autorização para trabalhar. Ao contactar o centro de operação, o supervisor de serviço solicita a liberação de serviço e aguarda as manobras necessárias constante no pedido de manutenção para a liberação. Somente após feitas as manobras necessárias para a

proteção do SEP e também da equipe no campo, o centro de operação libera a equipe para a manutenção. Após a manutenção finalizada, o supervisor de serviço tem a obrigação de contactar o centro de operação novamente informando o término do serviço para que sejam feitas manobras para a operação original de proteção do SEP.

Obs:Conforme a norma 01000-RH/EC161G da CEMIG, para garantir a execução segura e adequada da tarefa, é necessário ter no mínimo 4 isoladores de vidro ou 5 isoladores de porcelana na cadeia de ancoragem. Essa quantidade mínima é essencial para atender os requisitos de isolamento elétrico exigidos. Caso contrário, o método de linha viva não pode ser utilizado.

4.2.2 FERRAMENTAS E EQUIPAMENTOS

O método requer bastante quantidade de ferramentas para a execução da tarefa, os quais são listados na tabela 4.

Tabela 4 – Ferramentas e equipamentos para o método de linha viva.

Item	Quantidade	Descrição
	de	
1	1	Bastão de aterramento estático
2	1	Bastão de manobra (69 ou 138 kV)
3	1	Bastão garra de 38 mm (69 ou 138 kV)
4	2	Bastão tensor
5	3	Bastão universal 32 ou 38 mm (69 ou 138 kV)
6	1	Berço simples para cadeia de isoladores
7	2	Chave com catraca
8	1	Carretilha com corda de fibra sintética e gancho
9	1	Colocador e sacador de pino
10	1	Gancho espiral
11	1	Gancho para isolador
12	1	Garfo ajustador de concha
13	1	Instalador multiangular de contrapino
14	1	Jugo duplo com corrente lado morto
15	1	Jugo duplo lado vivo
16	1	Locador de pino
17	2	Munhão simples
18	1	Sacador de contrapino em alavanca
19	1	Termohigrômetro
20	1	Suporte de concha
21	1	Tenaz para isolador
22	1	Lona
23	2	Cavelete para bastões

24	1	Cabide para bastões
25	2	Porca de retaguarda para munhão

Fonte: (CEMIG – MT-LD-00043,2014)

Após separado todo o material, os executantes da tarefa partem para a testagem dos bastões para constatarem se os mesmos estão adequados para o uso na atividade. As Figuras 27 e 28 mostram os executantes fazendo o procedimento de testagem dos bastões com o testador.

Figura 27: Testador de bastões de linha viva.



Fonte: Cemig Distribuição S.A. - Divinópolis MG - 2022.

Figura 28: Testando os bastões de linha viva.



Fonte: Cemig Distribuição S.A. - Divinópolis MG - 2022.

Os demais materiais, ferramentas, EPI's e EPC's não listados na Tabela 4 são necessários para a execução da tarefa e devem ser relacionados e utilizados de acordo com a análise de risco no local.

4.2.3 IDENTIFICAÇÃO E MEDIDAS DE CONTROLE DE RISCOS E IMPACTOS

Para garantir a segurança e a saúde dos trabalhadores, bem como minimizar os impactos ambientais, é essencial realizar uma análise detalhada em cada etapa da tarefa nos processos e atividades dos núcleos. A identificação de perigos,

avaliação de riscos e definição dos controles adequados devem ser seguidos em conformidade com os documentos e procedimentos adotados. Esse cuidado visa garantir a execução segura da tarefa, preservando a integridade física dos executantes e garantindo o fornecimento contínuo de energia para o sistema elétrico. É fundamental realizar análises minuciosas, considerando todos os aspectos e impactos envolvidos, de forma a mitigar quaisquer riscos potenciais e promover uma operação segura e sustentável.

No quadro 1 encontra-se o modelo de documento com o passo a passo para uma análise de risco adequada para a atividade.

Quadro 1 – Análise de risco para a tarefa.

RISCOS / ACIDENTES FÍSICOS	CONTROLES DOS RISCOS
Queda de altura	<ul style="list-style-type: none"> - Usar EPI em bom estado; - Utilizar metodologia adequada de escalada de estrutura; - Inspeccionar a base e o corpo das estruturas antes de escalar.
Arco elétrico	<ul style="list-style-type: none"> - Utilizar óculos de segurança.
Queda de objetos	<ul style="list-style-type: none"> - Usar EPI em bom estado; - Inspeccionar os contra-pinos da cadeia de isoladores; - Colocar os equipamentos na carretilha em posição firme; - Içar na carretilha pequena quantidade de equipamentos por vez e somente no momento de utilização; - Utilizar bolsa de ferramentas para içar e acomodar objetos; - Ficar fora da área de içamento de materiais; - Não deslocar sobre a estrutura transportando materiais; - Prender os equipamentos utilizados no alto da estrutura de forma segura; - Conferir as amarrações e pontos de fixação de materiais a serem içados.
Rompimento de cabo	<ul style="list-style-type: none"> - Inspeccionar as conexões e grampos do cabo condutor.

Choque elétrico	<ul style="list-style-type: none"> - Conferir o circuito a ser trabalhado; - Conferir se as condições requeridas no PLE foram atendidas e se satisfazem as condições de segurança; - Manter distância de segurança das partes energizadas; - Escalar as estruturas pelas faces longitudinais; - Controlar o movimento das cordas de carretilhas ficando um eletricista no acionamento e outro no direcionamento, no sentido longitudinal dos condutores. - Conferir o bloqueio do religamento automático da LT quando de serviços LV e se necessário em LE; - Testar isoladores de porcelana antes de manuseá-los em linha viva; - Conferir número mínimo de isoladores bons para trabalhos em LV; - Testar equipamentos de linha viva antes dos trabalhos; - Monitorar umidade relativa e condições atmosféricas durante serviços de LV; - Amarrar ou controlar movimento de cordas e talabartes ao manuseá-los próximos a circuitos energizados; - By-passar fios/cordoalhas de neutro de pára-raios ZnO antes de desconectá-las ou seccioná-las; - Não by-passar isoladores ao trabalhar próximo e ao instalar bastões nas cadeias.
Radiação	<ul style="list-style-type: none"> - Utilizar protetor solar.
Piso escorregadio/irregular	<ul style="list-style-type: none"> - Utilizar botina adequada em bom estado; - Sinalizar o local.
Ataque de cães	<ul style="list-style-type: none"> - Verificar existência de cães antes de acessar o local; - Procurar os proprietários antes de adentrar em locais com cães; - Usar bota campanha ou botina com perneiras.
RISCOS/ ACIDENTES ERGONÔMICOS	CONTROLES DOS RISCOS
Método de trabalho	<ul style="list-style-type: none"> - Procurar posicionar-se da melhor forma possível ao fazer esforços; - Analisar melhorias no processo reduzindo esforços e melhorando posturas; - Utilizar a instrução de trabalho.
Dimensionamento da equipe	<ul style="list-style-type: none"> - Não iniciar/executar a tarefa sem que a equipe esteja completa.
Estado físico e psicológico das pessoas	<ul style="list-style-type: none"> - Consultar as pessoas sobre seu estado físico e psicológico antes de sair para campo, ou antes, de definir posições de trabalho.
Treinamento / credenciamento da equipe	<ul style="list-style-type: none"> - Programar apenas serviços para os quais os empregados estejam treinados e habilitados.
Participação das pessoas na análise de risco	<ul style="list-style-type: none"> - Fazer análise de risco da tarefa formalmente e com a presença e participação efetiva de todos os membros da equipe; - Fazer a análise de risco em duas etapas, antes de sair da sede e complementá-la com os riscos específicos do local de trabalho.
Distensões/lombalgias	<ul style="list-style-type: none"> - Respeitar limites de peso para ser humano; - Solicitar auxílio ao movimentar cargas pesadas; - Posicionar-se adequadamente ao elevar ou carregar peso.

Cansaço físico/ mental	<ul style="list-style-type: none"> - Revezar a equipe quando necessário; - Alternar as posições de trabalho em tarefas repetitivas; - Manter comunicação clara e objetiva durante a tarefa; - Negociar prazos antes e no decorrer da tarefa.
------------------------	--

Fonte: (CEMIG – MT-LD-00043,2014)

RISCOS/ ACIDENTES BIOLÓGICOS	CONTROLES DOS RISCOS
Animais peçonhentos	<ul style="list-style-type: none"> - Usar bota campanha ou botina com perneira; - Usar luvas; - Limpar a área de trabalho; - Inspeccionar a área de trabalho.
Insetos e parasitas	<ul style="list-style-type: none"> - Inspeccionar a área de trabalho; - Remover o vespeiro antes de executar a tarefa; - Usar repelente; - Usar roupa de apicultor se for aproximar-se de vespeiros; - Se atacado por vespeiro posicionado em altura, descer com calma e afastar-se rapidamente.
Plantas tóxicas	<ul style="list-style-type: none"> - Usar óculos; - Evitar contato com a vegetação.
Bactérias, protozoários, vírus e fungos	<ul style="list-style-type: none"> - Manter boa higiene pessoal e com os ambientes de trabalho.
RISCOS / ACIDENTES	CONTROLES DOS RISCOS
Aprovisionamento insuficiente	<ul style="list-style-type: none"> - Utilizar lista de materiais ao carregar os veículos.
Equipamentos danificados	<ul style="list-style-type: none"> - Conferir integridade dos equipamentos ao carregar e descarregar veículos.
Multas de trânsito, abalroamento, choque e atropelamento	<ul style="list-style-type: none"> - Respeitar as leis de trânsito.
Queda de carga do veículo	<ul style="list-style-type: none"> - Conferir acondicionamento da carga nos veículos.
Trip acidental	<ul style="list-style-type: none"> - Manter distância de segurança. - Utilizar detector de ausência de tensão. - Afastar-se das partes energizadas em caso de desarme da LD.
Atraso p/ início/término da tarefa	<ul style="list-style-type: none"> - Cumprir a programação do serviço e negociar horários.
Falha de comunicação	<ul style="list-style-type: none"> - Confirmar informação em caso de dúvida; - Utilizar comunicação clara e objetiva; - Utilizar rádio com viva voz onde o ruído local atrapalhe a comunicação da equipe; - Ao operar motosserra, guindauto e outros equipamentos ruidosos, ficar atento aos gestos do encarregado para eventuais comandos.
Escoriações ou cortes	<ul style="list-style-type: none"> - Utilizar EPIs em bom estado.
Atrito com proprietários desavisados	<ul style="list-style-type: none"> - Sempre que possível comunicar ao proprietário a necessidade de acessar sua propriedade.

Fonte: CEMIG – MT-LD-00043 (2014)

4.2.4 DESCRIÇÃO PASSO A PASSO DA EXECUÇÃO DO PROCEDIMENTO NO LOCAL DO TRABALHO.

4.2.4.1 INSTALAÇÃO DOS PRIMEIROS EQUIPAMENTOS

Após feita a análise de risco no local, realizado testes dos bastões e destinada a função de cada eletricista para a tarefa, os mesmos se equipam com seus EPI's (capacete, luva de vaqueta, óculos de segurança, conjunto completo de cinto paraquedista e bota) e começam a escalada buscando primeiramente instalar a carretilha no topo da torre para que possam içar os equipamentos que serão usados no trabalho e que se encontram no solo, como se observa nas Figuras 29 e 30.

Figura 29: Eletricista escalando com a carretilha na cintura.



Fonte: Cemig Distribuição S.A. 2016.

Figura 30: Carretilha já instalada no topo a torre



Fonte: Cemig Distribuição S.A. 2016.

4.2.4.2 AFASTAMENTO DO JUMPER SUPERIOR

Quando o serviço a ser feito for sob outra fase, afasta-se o jumper da fase superior, utilizando um bastão garra ou rolete preso a uma sela para estrutura metálica com colar de 38 mm ou preso à estrutura por um estropo de corda como observado na Figura 31.

Figura 31: Afastamento do jumper superior.



Fonte: Cemig Distribuição S.A. 2016.

4.2.4.3 INSTALAÇÃO DO JUGO NO LADO MORTO (DESENERGIZADO)

O jugo morto, Figura 32, é instalado na ponta da mísula (lado morto), onde é fixado através de corrente e mosquetão, evitando que o mesmo possa se soltar.

Figura 32: Instalação do jugo morto na ponta da mísula.



Fonte: Cemig Distribuição S.A. 2016.

4.2.4.4 INSTALAÇÃO DO JUGO LADO VIVO (ENERGIZADO)

Deve-se içar os bastões universais já acoplados à sua extremidade tenaz para isolador, suporte de concha, gancho para isolador, gancho espiral e sacador de contrapino em alavanca. A Figura 33 mostra como são acopladas as ferramentas na extremidade dos bastões.

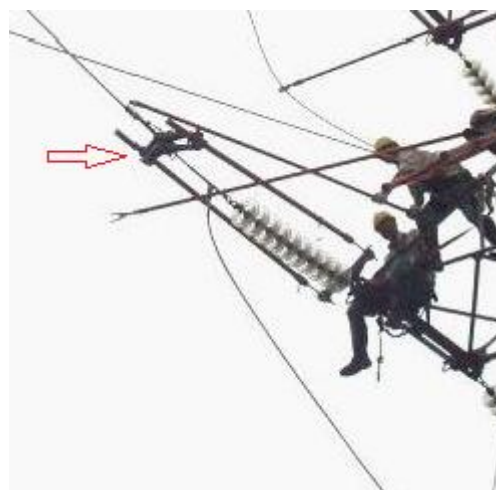
Figura 33: Acoplamento de ferramentas nas extremidades dos bastões.



Fonte: Cemig Distribuição S.A. 2016.

- Içar um bastão tensor acoplado a uma de suas extremidades o munhão simples e à outra, o jugo do lado vivo;
- Um electricista posicionado no corpo do montante da estrutura apoia um bastão universal sobre o cabo condutor, de modo a estabelecer uma ponte para deslizamento do bastão tensor com o jugo vivo, instalando assim o mesmo no cabo condutor, reduzindo os esforços, como visto na Figura 34.

Figura 34: Colocando o jugo vivo no condutor.



Fonte: Cemig Distribuição S.A. 2016.

Instala-se no jugo morto, o munhão simples que está acoplado à outra extremidade do bastão tensor;

Em seguida, é hora de instalar nos jugos lado vivo e morto, o outro bastão tensor com luva ajustável e um munhão simples acoplado ao parafuso tensor ficando equilibrado como mostrado na Figura 35.

Figura 35: Julgo morto e julgo vivo já interconectados.



Fonte: Cemig Distribuição S.A. 2016.

Após fazer o descrito acima, pré-tensiona-se o arranjo através dos munhões para firmar o esticador.

4.2.4.5 INSTALAÇÃO DO BERÇO SIMPLES PARA CADEIA DE ISOLADORES

Neste momento iça-se o berço simples já montado no solo e instala-o nos jugos vivo e morto, sob a cadeias de isoladores, como mostrado nas Figuras 36 e 37.

Figura 36: Içamento do berço já montado.



Fonte: Cemig Distribuição S.A. 2016.

Figura 37: Berço já fixado entre o julgo vivo e morto.



Fonte: Cemig Distribuição S.A. 2016.

Posteriormente a esta montagem, instala-se a chave catraca e porca de retaguarda para o munhão e tenciona-se o cabo condutor com as chaves catracas acopladas aos bastões tensores para que se folgue a cadeia de isoladores e possa sacá-la do cabo condutor e da ancoragem da mísula.

Obs: O eletricista, que está no corpo da torre usando um bastão universal, poderá fazer uma “ponte” para aliviar o peso do berço

4.2.4.6 AFASTAMENTO DO CONTRAPINO DA CONCHA OLHAL

O eletricista posicionado na mísula ou no corpo da estrutura, na altura do cabo condutor, com auxílio de um bastão universal equipado com sacador de contrapino em alavanca ou por impulso, afasta o contrapino da concha olhal e com um bastão equipado com o sacador tipo garfo faz a desconexão do boleto que faz a ligação entre o cabo condutor e a concha. Na Figura 38 a seguir, observa-se o momento em que o eletricista posicionado na mísula saca o contrapino da concha e também saca o boleto da concha.

Figura 38: Eletricista sacando contrapino e boleto da concha.



Fonte: Cemig Distribuição S.A. 2016.

4.2.4.7 INSTALAÇÃO DO ATERRAMENTO ESTÁTICO

O eletrícista, Figura 39, posicionado na ponta da mísula, instala o bastão de aterramento estático na última peça da cadeia lado morto para que não haja fuga de corrente entre o eletrícista e a cadeia de isoladores.

Figura 39: Eletrícista instalando o aterramento estático.



Fonte: Cemig Distribuição S.A. 2016.

Obs: Para controle de risco, limita-se o tamanho do cabo do aterramento estático enrolando-o na mísula.

4.2.4.8 RETIRADA E SUBSTITUIÇÃO DA CADEIA DE ISOLADORES

Nesta etapa, afasta-se a cadeia de isoladores da parte viva e retira o aterramento estático, substituindo as peças danificadas. A Figura 40 apresenta o momento em que se faz a retirada dos isoladores para fazer a troca.

Figura 40: Sacando a cadeia de isoladores.



Fonte: Cemig Distribuição S.A. 2016.

Obs 1: Fica a cargo da equipe a decisão da substituição dos isoladores danificados em cima da estrutura ou descer a cadeia de isoladores ao solo.

Obs 2: Se a equipe achar conveniente, na outra extremidade da corda da carretilha, no solo, amarra-se a cadeia nova. Dessa forma, ao descer a cadeia danificada, é içada simultaneamente a cadeia nova com menos esforço para os membros da equipe.

4.2.4.9 MONTAGEM DA CADEIA DE ISOLADORES E TÉRMINO DO SERVIÇO

Para montagem da cadeia de isoladores, faz-se a operação inversa passo a passo da tarefa e posteriormente procedendo a desmontagem e retirada dos equipamentos e descendo-os ao solo. A Figura 41 mostra as cadeias de isoladores trocadas juntamente com os eletricitistas, descendo as ferramentas restantes e já se preparando para descer.

Figura 41: Finalizando a troca de isoladores.



Fonte: Cemig Distribuição S.A. 2021.

4.2.4.10 TEMPO DA EXECUÇÃO DA TAREFA

Para o serviço descrito acima, o tempo gasto para se trocar uma cadeia de isolador dura em média 50 minutos, dependendo muito da habilidade dos executantes da tarefa, bem como condições adversas que podem causar contratempo na hora da execução da manutenção.

4.3 DESCRIÇÃO DO PROCEDIMENTO PARA EXECUÇÃO DE TROCA DE ISOLADORES EM CADEIA EM ANCORAGEM MÉTODO EM LINHA DESLIGADA.

4.3.1 QUANTIDADE DE EXECUTANTES PARA A ATIVIDADE E CONDIÇÃO PARA A EXECUÇÃO.

Diferentemente execução em linha ligada, para a execução da atividade de troca de isoladores em cadeia simples de ancoragem, circuito simples ou duplo, em estrutura metálica de 138 kV desligada, começa-se com a premissa de no mínimo 5 pessoas para a execução da atividade, sendo 1 supervisor de serviço e 4 profissionais de serviço de linhas e redes aéreas.

Após chegar ao local do serviço, o supervisor de serviço tem a obrigação de contactar com o centro de operação da linha de distribuição pedindo a autorização para trabalhar. Ao contactar com o centro de operação, o supervisor de serviço solicita a liberação de serviço e aguarda as manobras existentes no pedido de manutenção para a liberação. Somente após feitas as manobras necessárias para a proteção do SEP, o desligamento da linha de distribuição poderá ser efetuado.

Após o desligamento pelo centro de operação, a equipe de manutenção é liberada para iniciar as atividades demandadas. O centro de operação fica no aguardo da confirmação do serviço executado para que sejam feitas manobras para a operação original de proteção do SEP, permitindo a energização da linha novamente.

4.3.2 FERRAMENTAS E EQUIPAMENTOS

Diferentemente do método de linha viva a distância, este método que considera a linha desligada requer menor quantidade de ferramentas para a execução da tarefa. As ferramentas estão listadas na Tabela 5.

Tabela 5 – Ferramentas e equipamentos para o método de linha desligada.

Item	Quantidade	Descrição
01	01	Bastão de manobra
02	01	Bastão universal
03	01	Carretilha com corda e gancho
04	01	Conjunto de aterramento temporário
05	01	Corda solteira (para escada trapézio)
06	01	Escada trapézio

07	06	Estropo de aço ou nylon
08	01	Garra para cabo condutor
09	01	Lona
10	02	Manilhas classe 120 KN
11	01	Marreta (opcional)
12	01	Piquetão (opcional)
13	01	Talha
14	01	Testador de tensão

Fonte: (CEMIG – MT-LD-00052,2014).

Os demais materiais, ferramentas, EPI's e EPC's não listados na tabela 5 são necessários para a execução da tarefa e devem ser relacionados e utilizados de acordo com a análise de risco no local.

4.3.3 IDENTIFICAÇÃO E MEDIDAS DE CONTROLE DE RISCOS E IMPACTOS

Análogo ao item 4.2, o quadro 1 contempla também os riscos para a execução da atividade para a troca de isoladores em linha desligada, sendo aberta a sugestão para os eletricitistas caso observem mais riscos que possam existir no local a ser trabalhado.

4.3.4 DESCRIÇÃO DO PASSO A PASSO DA EXECUÇÃO DO PROCEDIMENTO NO LOCAL DO TRABALHO.

4.3.4.1 INSTALAÇÃO DOS PRIMEIROS EQUIPAMENTOS

Após feita a análise de risco e organizados os materiais no local, é destinada a função de cada eletricitista para a tarefa. Os mesmos se equipam com seus EPI's (capacete, luva de vaqueta, óculos de segurança, conjunto completo de cinto paraquedista e bota). Dois eletricitistas da equipe começam a escalada buscando primeiramente instalar a carretilha em uma local adequado no corpo da estrutura para que possam içar os equipamentos que serão usados no trabalho. Após instalada a carretilha, os integrantes no solo içam o bastão isolado com o o testador em sua extremidade e faz-se a constatação da linha desligada.

Confirmada a linha desligada, os eletricitistas no solo içam o conjunto de aterramento das fases. Em seguida, os dois eletricitistas na torre efetuam o aterramento, como mostra a Figura 42.

Figura 42: Aterrando as fases.



Fonte: Cemig Distribuição S.A. 2020.

4.3.4.2 INSTALAÇÃO DA ESCADA TRAPÉZIO

No solo, os eletricitistas instalam uma corda na escada trapézio fixada pelas longarinas e içam-a para os eletricitistas no alto da torre para que a recebam e faça a fixação na mísula a fim de posicioná-la de modo horizontalmente próxima a cadeia de isoladores que será substituída. Para essa fixação, lança-se a corda que está amarrada na longarina da escada sobre o cabo condutor e a amarra a outra extremidade da corda na base da estrutura ou um ponto fixo no solo o qual garanta a segurança do eletricitista que irá trabalhar na escada. A Figura 43 mostra corretamente a instalação da escada.

Figura 43: Instalação da escada trapézio na mísula.



Fonte: Cemig Distribuição S.A. 2016.

4.3.4.3 INSTALAÇÃO DA TALHA PARA TENSIONAMENTO DO CABO CONDUTOR

Após a manilha, a garra e a talha ser içada, os eletricitistas na torre montam o arranjo com manilha, garra e talha. O eletricitista que fica na ponta da mísula fixa a manilha em um furo na ponta da mesma (furo que já vem na estrutura para esta finalidade) e coloca o gancho de cima da talha nesta manilha. O outro eletricitista se move na escada em direção a extremidade do cabo e cola a garra já com a outra extremidade da talha fixa. Feito isso o eletricitista da escada amarra a cadeia de isolador através de estropos de corda na corrente da talha e posteriormente saca o contrapino da concha, solicitando que seu companheiro na mísula tensione a talha até que a cadeia de isoladores comece a bambejar a ponto de se fazer a desconexão da mesma. As Figuras 44, 45 e 46 mostram os passos do arranjo.

Figura 44: Instalação da manilha e talha na ponta da mísula.



Fonte: Cemig Distribuição S.A. 2016.

Figura 45: Instalação da garra no cabo condutor.



Fonte: Cemig Distribuição S.A. 2016.

Figura 46: Eletricista posicionado na escada sacando o contrapino da concha.



Fonte: Cemig Distribuição S.A. 2016.

Obs: O eletricista que se move sobre a escada fica com a linha de vida presa a torre e através de seu talabarte de posicionamento se faz ancorar entre a escada e a cadeia de isoladores, ficando assim seguro de queda por dois pontos distintos.

4.3.4.4 RETIRADA E DESCIDA DA CADEIA DE ISOLADORES

Na retirada da cadeia de isoladores, o eletricista da escada prende o gancho da carretilha na cadeia de isoladores através de um estropo de corda. Os eletricistas do solo forçam a cadeia e o eletricista da escada saca a cadeia do cabo e retira as amarrações que a prendiam a cadeia de isoladores a corrente da talha. O eletricista da mísula é o responsável por fazer a desconexão da cadeia de isoladores com a estrutura, e após isso, de forma coordenada com os eletricistas do solo, puxam e descem a cadeia de isoladores em segurança. A Figura 47 mostra o momento da descida da cadeia de isoladores.

Figura 47: Momento da descida da cadeia de isoladores.



Fonte: Cemig Distribuição S.A. 2016.

4.3.4.5 MONTAGEM DA CADEIA NOVA DE ISOLADORES E TÉRMINO DO SERVIÇO

Para a colocação da nova cadeia de isoladores, a equipe do solo iça a nova cadeia e a leva até o eletricitista que está na mísula. Este eletricitista faz a conexão referente a cadeia/ mísula, enquanto que o eletricitista que está na escada pega a outra extremidade da cadeia e faz a conexão entre cabo-cadeia de isoladores através do boleto-concha. Feito essas conexões, o eletricitista da mísula começa a destensionar a talha afim de a cadeia de isoladores se tensione e receba todo o peso do vão. Em seguida, o eletricitista da escada coloca o contrapino do arranjo do boleto-concha e termina a troca. A Figura 48 a seguir mostra a instalação de uma nova cadeia de isolador (cadeia de isolador polimérico).

Figura 48: Instalação da nova cadeia de isoladores.



Fonte: Cemig Distribuição S.A. 2016.

Feita a troca, faz-se a operação inversa passo a passo da tarefa: desmontagem e retirada dos equipamentos desde os arranjos da escada a desconexão do aterramento. Após feita a sua retirada, o supervisor do serviço poderá solicitar ao centro de operação para que religue a linha de distribuição, podendo assim finalizar o serviço.

4.3.4.6 TEMPO DA EXECUÇÃO DA TAREFA

Para o serviço de troca de isoladores cadeia em ancoragem em linha desligada, o tempo gasto para se trocar uma cadeia de isolador, dura em média de 40 minutos, dependendo muito da habilidade dos executantes da tarefa, bem como condições adversas que podem causar contratempo na hora da execução da manutenção.

4.4 DISCUSSÕES SOBRE AS VANTAGENS E DESVANTAGENS DE SE UTILIZAR O MÉTODO DE TROCA DE ISOLADORES CADEIA EM ANCOREAGEM EM LINHA LIGADA AO INVÉS DA SUBSTITUIÇÃO COM A LINHA DESLIGADA.

A utilização do método de linha viva a distância para a troca de isoladores em cadeia em ancoragem em linhas de distribuição de 138kV apresenta uma série de vantagens significativas em relação ao método convencional com a linha desligada as quais são listadas:

- **Continuidade do fornecimento de energia:** Ao realizar trabalhos em linha viva, não é necessário interromper o fornecimento de energia aos consumidores. Isso é particularmente vantajoso em áreas densamente povoadas, onde a interrupção do serviço elétrico pode causar transtornos significativos e prejuízos econômicos. A continuidade do fornecimento de energia é especialmente crucial em setores críticos, como hospitais, indústrias e infraestruturas essenciais.

- **Minimização dos impactos sociais e econômicos:** A técnica de linha viva reduz os impactos sociais e econômicos negativos associados à interrupção programada do fornecimento de energia. Isso evita perdas financeiras para as empresas e consumidores, além de evitar transtornos em residências e estabelecimentos comerciais. Ao evitar a interrupção do serviço, a técnica de linha viva contribui para a estabilidade e o funcionamento contínuo da sociedade.

- **Otimização do tempo de manutenção:** A realização de trabalhos em linha viva elimina a necessidade de desligar completamente a linha de transmissão, o que acelera o processo de manutenção. Os procedimentos de desligamento e reenergização da linha podem ser demorados e complexos, exigindo coordenação com outros setores e órgãos reguladores. Com a linha viva, os técnicos podem se concentrar diretamente nas atividades de manutenção, reduzindo o tempo total dedicado ao trabalho e aumentando a eficiência.

- **Maior flexibilidade operacional:** Ao utilizar a técnica de linha viva, as equipes de manutenção podem realizar intervenções rápidas, respondendo a falhas ou problemas imediatos na linha de transmissão. Isso proporciona maior flexibilidade operacional e capacidade de adaptação, permitindo uma resposta mais rápida a situações de emergência e minimizando o tempo de indisponibilidade da linha.

- **Redução dos custos operacionais:** A interrupção programada do fornecimento de energia elétrica envolve custos significativos, como compensação

por perdas comerciais, realocação temporária de carga e custos adicionais relacionados à reinicialização de sistemas. Com a técnica de linha viva, esses custos são minimizados, resultando em economias financeiras consideráveis para as concessionárias de energia e, por extensão, para os consumidores.

Essas vantagens abrangem aspectos financeiros, operacionais e de confiabilidade do sistema elétrico, contribuindo para uma abordagem mais eficiente e eficaz na manutenção das redes de energia.

Para o caso do método apresentado, a redução das perdas monetárias associadas à interrupção do fornecimento de energia elétrica durante a execução da troca de isoladores deixa explícito a vantagem de se utilizar o método, pois por meio do cálculo, considerando as tarifas de uso do sistema de distribuição (TUSD) e de energia (TE), é possível quantificar o impacto financeiro de desligar a linha durante a realização da manutenção.

Considerando a Linha de distribuição Passos 2 / Votorantim Cimentos Itaú de Minas 138kV, em que a tarifa de uso do sistema de distribuição (TUSD) é de R\$ 75,77 e o valor do megawatt-hora (MWh) para a tarifa de energia (TE) é de R\$ 379,31, foi calculada a perda monetária para condição em que a linha fosse desligada e a manutenção fosse realizada em 2 horas (tempo programado para a execução da troca das cadeias das três fases).

Obs: Dados de TUSD e TE obtidos da Resolução Homologatória nº 3046, de 21 de Junho de 2022.

Consumo de energia médio: $26,38 \text{ MW} * 2 \text{ horas} = 52,76 \text{ MWh}$

$$PM = (\text{MWh}) * (\text{TUSD}) + (\text{MWh}) * (\text{TE})$$

PM = Perda monetária

$$\text{MWh} = 52,76$$

Substituindo os valores na equação:

$$PM = (52,76 \text{ MWh}) * (\text{R\$ } 75,77) + (52,76 \text{ MWh}) * (\text{R\$ } 379,31)$$

$$PM = \text{R\$ } 24.010,02$$

Portanto, ao realizar o cálculo da perda monetária utilizando os dados mencionados, obtém-se o valor de R\$ 24.010,02. Essa quantia representa a estimativa financeira das perdas caso a linha de distribuição fosse desligada durante a troca de isoladores em cadeia em ancoragem. No entanto, ao adotar o método de linha viva a distância, a empresa evita essa perda financeira. A continuidade do fornecimento de energia elétrica durante a execução da manutenção garante que os

consumidores não sejam afetados pela interrupção do serviço, o que, por sua vez, preserva o faturamento da empresa. Além disso, a aplicação do método de linha viva a distância contribui para aumentar a confiabilidade do sistema elétrico, uma vez que não há interrupções desnecessárias no fornecimento de energia.

A abordagem de linha viva envolve profissionais especializados que trabalham diretamente na linha energizada, o treinamento adequado dos profissionais que trabalham em linhas de transmissão com método de linha viva é de extrema importância para garantir a segurança e eficiência das operações. Esses trabalhadores desempenham um papel crucial na execução de atividades de manutenção e reparo em ambientes energizados, onde os riscos elétricos são elevados. Portanto, é essencial que eles sejam capacitados de forma abrangente e contínua seguindo protocolos de segurança rigorosos e utilizando equipamentos adequados.

Um ponto muito importante que tem de se ressaltar é que a aplicação do método de linha viva a distância requer investimentos significativos em treinamentos especializados, aquisição de equipamentos de proteção individual adequados e a adoção de medidas de segurança rigorosas. Esses investimentos são essenciais para garantir a segurança dos profissionais envolvidos e a eficiência na execução das atividades.

Apesar das vantagens mencionadas acima, é fundamental considerar as desvantagens potenciais do método de linha viva a distância. Algumas das principais desvantagens de se utilizar a linha viva em substituição a linha desligada são:

- **Riscos para a segurança dos trabalhadores:** Trabalhar em ambientes energizados representa um risco significativo para os profissionais envolvidos. Mesmo com treinamento e equipamentos de proteção adequados, ainda há o potencial de acidentes elétricos graves. A exposição contínua ao risco aumenta a pressão sobre os trabalhadores, exigindo um rigoroso cumprimento de procedimentos de segurança e monitoramento constante.

- **Complexidade técnica:** A execução de trabalhos em linha viva requer conhecimentos técnicos avançados e procedimentos específicos. A manipulação de equipamentos energizados e a realização de manutenção em circuitos elétricos complexos podem ser desafiadores. Além disso, a coordenação com outros profissionais, como operadores de sistemas elétricos, pode ser necessária para garantir a segurança e a integridade da operação.

- **Restrições nas atividades de manutenção:** Nem todas as tarefas de manutenção podem ser realizadas em linha viva. Alguns reparos ou substituições de componentes exigem o desligamento da linha para garantir a segurança dos trabalhadores e a qualidade do trabalho. Isso pode limitar a eficiência e a abrangência das atividades realizadas em linha viva.
- **Dependência de condições climáticas favoráveis:** A técnica de linha viva pode ser afetada por condições climáticas adversas, como chuvas intensas, ventos fortes ou tempestades. Nessas situações, pode ser necessário desligar a linha por questões de segurança, o que pode resultar em interrupções não planejadas no fornecimento de energia elétrica.
- **Custo de treinamento e certificação:** A capacitação adequada dos profissionais que trabalham em linha viva requer investimento em treinamento especializado e certificações. Isso pode resultar em custos adicionais para as empresas de energia elétrica, especialmente considerando a necessidade de manter a atualização constante dos profissionais.

CAPÍTULO 5 - CONCLUSÃO

A utilização do método de linha viva a distância para a troca de isoladores em cadeia em ancoragem em linhas de distribuição de 138kV apresentou uma série de vantagens significativas em relação ao método convencional com a linha desligada. Esse estudo de caso real permitiu uma análise aprofundada dos benefícios e impactos diretos desse método na indústria de energia, respondendo às principais perguntas que surgem nesse contexto.

A relevância da Manutenção em Linha Viva para as companhias de energia hoje em dia é notável. A demanda por produtividade, competitividade e qualidade no mercado exige abordagens mais eficientes e eficazes na manutenção das redes de energia. A continuidade do fornecimento de energia elétrica durante a execução da manutenção garante uma maior satisfação dos clientes e preserva o faturamento da empresa, tornando-se um fator crucial para o sucesso no setor.

O impacto direto da aplicação do método de linha viva a distância em um caso real é significativo, o estudo de caso demonstrou uma redução substancial das perdas monetárias ao evitar o desligamento da linha durante a troca de isoladores. A economia financeira alcançada foi evidenciada pelo cálculo da perda monetária, que resultou em um valor considerável de R\$ 24.010,02 reais. Essa economia comprova o potencial desse método em preservar os recursos financeiros das empresas.

O processo de troca de isoladores em cadeia em ancoragem, utilizando o método de linha viva a distância, envolve etapas minuciosas e precauções de segurança. Profissionais especializados executam a tarefa diretamente na linha energizada, seguindo rigorosos protocolos e utilizando equipamentos apropriados. Essa abordagem assegura a eficiência operacional, reduzindo o tempo necessário para a execução da troca dos isoladores, minimizando assim o impacto nas operações das empresas e dos consumidores.

A escolha do método de linha viva a distância em detrimento do método convencional de desligar a linha justifica-se por sua capacidade de evitar perdas financeiras e aumentar a confiabilidade do sistema elétrico. A continuidade do fornecimento de energia elétrica durante a manutenção preserva o faturamento das empresas, além de contribuir para a satisfação dos clientes. A abordagem de linha viva também se destaca por sua eficiência operacional, permitindo uma execução mais rápida e eficaz das tarefas de manutenção.

Em suma, o estudo de caso realizado confirmou que a aplicação do método de linha viva a distância na troca de isoladores traz benefícios significativos para as empresas do setor elétrico. A redução das perdas monetárias, a garantia da continuidade do fornecimento de energia e a melhoria da eficiência operacional são aspectos fundamentais que sustentam a viabilidade e a eficácia desse método. No entanto, é imprescindível que todas as medidas de segurança sejam adotadas, a fim de mitigar os riscos inerentes a trabalhos em linha energizada.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADNORMAS. **O dimensionamento de cabos para-raios para linhas aéreas de transmissão.** São Paulo, 2020. Disponível em:<
<https://revistaadnormas.com.br/2020/09/15/o-dimensionamento-de-cabos-para-raios-para-linhas-aereas-de-transmissao>> Acesso em: 11 de dezembro. 2021.

ANEEL. **Agência Nacional de Energia Elétrica.** Brasília, 2015. Disponível em:<
<https://www.aneel.gov.br/indicadores>> Acesso em: 19 de novembro. 2021.

ANEEL. **Agência Nacional de Energia Elétrica. Resolução Homologatória nº 3046.** Brasília, 2022.

ARSAL. **Indicadores de qualidade.** Alagoas, 2021 Disponível em:<
<http://www.arsal.al.gov.br/servicos/sobre-energia-1/consumidor/indicadores-de-qualidade>> Acesso em 04 de dezembro.2021.

CEMIG - **MT- LD-00020.** Critérios Básicos para Capacitação em Linha Viva nas Tensões de 34,5 a 161 kV.2016.

CEMIG - **MT- LD-00043.**Troca de Isoladores em Cadeia Simples de Ancoragem, Circuito Simples ou Duplo, em Estrutura Metálica de 69 e 138 kV em Linha Viva à Distância,2016.

CEMIG – **MT- LD-00052.** Troca de Isoladores em Cadeia Simples de Ancoragem, Circuito Simples ou Duplo, em Estruturas Metálicas de 34,5 a 161 kV, em Linha Desenergizada,2016.

CEMIG – **MT- LD01000-RH/EC-161G.** Serviços em Linha Viva a distância em LT's de 69 a 138kV,2016.

CHESF. **Especificações técnicas de capacetes de segurança, suspensão e jugular.** Recife, 2010. Disponível em:<
<http://www5.chesf.gov.br/Anexos/ET%20ABV10-7700.pdf/>>. Acesso em: 27 de

novembro. 2021.

CONCESSÕES DE GERAÇÃO, TRANSMISSÃO E DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA - **lei nº 12.783**. 2013.

DA SILVA. **Substituição de para-raios de subestação de alta tensão em linha viva com utilização de corda isolada**. Conselheiro Lafaiete-MG 2013. (Trabalho de Conclusão de Curso em Engenharia Elétrica), - Centro de Ensino Superior de Conselheiro Lafaiete – CES-CL, Conselheiro Lafaiete – MG, 2013.

DELTAPLUS. **Proteção em altura**. São Paulo, 2020 Disponível em:<
<https://deltaplusbrasil.com.br/blog/talabarte/>>. Acesso em 20 novembro. 2021.

DO PRADO. **As vestimentas de proteção**. São Paulo, 2017. Disponível em:<
<https://qualidadeonline.wordpress.com/2017/06/14/as-vestimentas-de-protecao/>>
Acesso em: 3 de dezembro. 2021.

FUCHS, R.D. **“Transmissão de energia elétrica”**. Livro, volume 1. 1977.

GRANVILLE. **Guia para trabalho em altura**. Disponível em:<
<http://www.granvilleequipamentos.com.br/site/wp-content/uploads/2018/03/GUIA-PARA-TRABALHO-EM-ALTURA.pdf/>>. Acesso em 20 novembro. 2021.

HERCULES. **Cintos de segurança**. Disponível em:<
<https://hercules.com.br/produtos/trabalho-em-altura/cintos-de-seguranca/> Acesso em 27 junho. 2023.

IDEALWORK. **Vestimentas de proteção**. São Paulo, 2021. Disponível em:<
<https://idealwork.com.br/vestimentas-de-protecao/>>. Acesso em: 5 de dezembro. 2021.

MAISEPI. **Luvas isolantes para alta tensão**. Tijuca, 2020. Disponível em:
<https://www.maisepi.com.br/single-post/como-protoger-um-eletricista.>>. Acesso em

20 novembro 2021.

MENEZES, V. P. **Linhas de transmissão de energia elétrica aspectos técnicos, orçamentários e construtivos**. 2015. 87 f. Dissertação (Trabalho de Conclusão de Curso em Engenharia Elétrica), - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2015.

MINISTÉRIO DO TRABALHO E EMPREGO. NR 06 – **Equipamento de Proteção Individual** – EPI. Brasília: Ministério do Trabalho e Emprego, 2015.

MINISTÉRIO DO TRABALHO E EMPREGO. NR 10 – **Segurança em Instalações e Serviços em Eletricidade**. Brasília: Ministério do Trabalho e Emprego, 2004.

MINISTÉRIO DO TRABALHO E EMPREGO. NR 35 – **Trabalho em Altura**. Brasília: Ministério do Trabalho e Emprego, 2014. Disponível em: . Acesso em: 7 out. 2015.

MME/EPE. **Ministério de Minas e Energia/ Empresa de Pesquisa Energética**. 2015.

MUNDO LINHA VIVA. **Botina para eletricitas**. São Paulo, 2021. Disponível em:< <https://www.mundolinhaviva.com.br/blog/equipamentos/botina-para-eletricista-conheca-as-especificacoes-do-equipamento-para-a-atividade/>>. Acesso em 20 novembro. 2021.

NR – 10 NORMA REGULAMENTADORA 10 - **Segurança em Instalações e Serviços em Eletricidade** – Ministério do Trabalho e Emprego - 1a. Edição, Brasília, Brasil, 2004.

OLIVEIRA.T.S. **Relação entre a margem de potência reativa de curva qv para barramento de carga em função do nível de carregamento do sistema**. Formiga, 2018 Disponível em:< https://www.formiga.ifmg.edu.br/documents/2018/Biblioteca/TCCs_e_Artigos/Thauany-Oliveira_EE.pdf> Acesso em 05 novembro. 2021.

PLUNIFORMES, R. **Uniformes Antichamas NR 10**. Niterói, 2021. Disponível em:< <https://pluniformes.com.br/> >. Acesso em: 20 novembro. 2021.

POLIFITEMA. **Cinto de segurança paraquedista**. São Paulo, 2021. Disponível em:< <https://www.polifitema.com.br/cinto-seguranca-paraquedista/> Acesso em: 29 de novembro. 2021.

RITZ/TEREX. **Treinamento de capacitação para trabalhos em linha viva**. Betim Mg, 2022.

RITZ/TEREX. **Uso das ferramentas de linha viva**. Betim Mg, 2019.

SAFEBYSAFE. **Luvras para eletricitistas**. Tatuapé, 2018. Disponível em:< <http://safebysafe.com.br/o-que-sao-e-para-que-servem-as-luvas-isolantes-de-alta-tensao/>>. Acesso em: 2 de dezembro. 2021.

SANTANA. **Análise ergonômica do trabalho de linhas de transmissão**. Recife, 2004. Disponível em:< <https://repositorio.ufpe.br/handle/123456789/5955/>>. Acesso em: 13 de outubro. 2021.

SILVA, A. J. dos S. **Modelagem Matemática de um Sistema de Distribuição Primário de Energia Elétrica em Média Tensão do Município de Ijuí**. 2017. 94 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) - Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, Unijuí, 2017.

VERZANI & SANDRIN. **O que é linha viva**. Ribeirão Preto, 2021 Disponível em:< <https://www.verzani.com.br/blog/linha-viva/>>. Acesso em: 13 de outubro. 2021.

APÊNDICE

Este apêndice foi elaborado com o objetivo de proporcionar um melhor entendimento dos equipamentos de uso individual utilizados nas execuções de troca de isoladores, tanto em linha viva quanto em linha desligada. O conteúdo presente neste apêndice visa complementar as informações discutidas ao longo do trabalho, oferecendo uma visão mais detalhada e abrangente dos equipamentos específicos necessários durante essas operações.

No contexto da troca de isoladores em linha viva, serão apresentadas descrições detalhadas dos equipamentos de uso individual utilizados pelos profissionais envolvidos nas atividades. Serão abordados itens como capacetes de proteção, luvas, vestimentas adequadas, calçados especiais e outros equipamentos indispensáveis para garantir a segurança dos trabalhadores em um ambiente energizado.

Já em relação à troca de isoladores em linha desligada, serão abordados os equipamentos de uso individual necessários para a execução das tarefas, como cintos de segurança, talabarte, capacetes e outros dispositivos de segurança.

A inclusão desses detalhes sobre os equipamentos de uso individual no apêndice tem como objetivo fornecer um embasamento adicional para os leitores interessados em compreender a importância da proteção individual durante as operações de troca de isoladores. Essas informações complementares contribuirão para uma compreensão mais completa e embasada sobre os equipamentos específicos necessários para garantir a segurança dos profissionais envolvidos nessas atividades

EQUIPAMENTOS DE PROTEÇÃO INDIVIDUAL

Seguindo as diretrizes do Ministério do Trabalho e Emprego (MTE) e da NR -6, estabelecida na Portaria 3.214, é importante ressaltar que "considera-se Equipamento de Proteção Individual - EPI todo dispositivo ou produto utilizado de forma individual pelo trabalhador, com a finalidade de protegê-lo contra possíveis riscos que possam comprometer a sua segurança e saúde no ambiente de trabalho"

(fonte: Ministério do Trabalho e Emprego - MTE, Norma Regulamentadora 6, Portaria 3.214).

Segundo as diretrizes estabelecidas na Norma Regulamentadora 6 (NR 6), é definido que todo equipamento de proteção individual, independentemente de ser de fabricação nacional ou importado, deve possuir o Certificado de Aprovação (CA), emitido pelo órgão competente em segurança e saúde no trabalho do Ministério do Trabalho e Emprego. Além disso, é responsabilidade da empresa fornecer gratuitamente aos seus funcionários EPIs adequados aos riscos presentes, em perfeito estado de conservação e funcionamento.

Na norma Regulamentadora 6 (NR 6), é estabelecido que todo equipamento de proteção individual, seja de fabricação nacional ou importado, só pode ser comercializado ou utilizado se possuir o Certificado de Aprovação (CA), emitido pelo órgão competente em segurança e saúde no trabalho do Ministério do Trabalho e Emprego. Além disso, a empresa tem a obrigação de fornecer aos seus empregados, de forma gratuita, EPI adequado ao risco, em perfeito estado de conservação e funcionamento. Essas diretrizes são descritas abaixo.

- Quando as precauções gerais de segurança não oferecerem uma proteção abrangente contra os perigos de acidentes de trabalho ou doenças ocupacionais e profissionais.
- Enquanto estiverem sendo aplicadas as medidas de segurança coletivas
- Para lidar com situações de emergência.

CAPACETE

O capacete, conforme ilustrado na Figura 1.1, é um equipamento inflexível composto por copa, aba frontal, suspensão e jugular. É utilizado para proteger a cabeça ou segmentos dela contra penetração, choque elétrico e borrifos de produtos químicos. Além disso, é importante que o capacete possua aberturas laterais para conexões de protetores auriculares e faciais. Deve ser projetado com alta resistência à penetração e proporcionar bom arejamento, garantindo assim o conforto do utilizador. Chesf (2010).

Figura 1.1: Capacete



Fonte: Cemig Distribuição S.A. - Divinópolis MG - 2023

Segundo Chesf (2010) os capacetes são divididos em 3 conjuntos importantes, sendo eles:

- **Casco:** Parte rígida e externa do capacete, sem a suspensão e demais acessórios. Confeccionado em polietileno de alta densidade, na cor bege, com reforço na parte superior, de alta rigidez dielétrica, sem porosidade, trincas e emendas, nem partes metálicas ou perfuração. O capacete deve ser provido de aberturas laterais para acoplagem de protetores auriculares e faciais, apresentar alta resistência mecânica e rigidez dielétrica, além de conter a logomarca da empresa.
- **Copa:** Parte superior do casco, provida de reforço de amortecimento de impacto.
- **Aba frontal:** Parte inferior do casco que se prolonga para frente sobre os olhos. A aba tem a medida estabelecida entre 38 mm e 76 mm, medidas a partir de seu traçado de ligação com o casco, o decline da aba deve ser compreendido entre 15° a 37°.

Figura 1.2: Conjunto capacete



Fonte: Cemig Distribuição S.A. - Divinópolis MG - 2023

O capacete é composto pelo conjunto de suspensão, que engloba a carneira e a coroa. Essa estrutura interna desempenha várias funções, como amortecer o impacto, manter o capacete adequadamente posicionado e impedir que o casco entre em contato direto com a cabeça do usuário.

O capacete deve ser equipado com características essenciais, como uma carneira ajustável por meio de um sistema de catraca giratória resistente; uma testeira absorvente de suor para maior conforto; uma abertura adequada para o encaixe de jugular; e a suspensão deve ser ajustável de forma precisa, garantindo um encaixe perfeito ao capacete utilizado, como visto na Figura 1.3.

- **Carneira:** A parte ajustável da suspensão do capacete é fabricada em polietileno de baixa densidade, proporcionando alta resistência. Ela é composta por uma cinta dupla ajustável feita de tecido de poliéster, que desliza entre as fendas dos clips de fixação da suspensão ao capacete, com a finalidade de absorver o impacto. A carneira do capacete deve possuir no mínimo quatro pontos de fixação e ser disposta em formato de cruz. O sistema de fixação, utilizando uma catraca giratória, é projetado para evitar que a suspensão se solte facilmente durante o uso.

- **Testeira absorvente de suor:** A peça que faz parte da carneira é revestida com um material absorvente e tem um reforço na copa para acoplar protetores faciais e auditivos. Essa peça é fabricada em um laminado de PVC atóxico, com um revestimento de espuma multiperfurada em poliéster.

Figura 1.3: Conjunto capacete/catraca giratória.



Fonte: Cemig Distribuição S.A. - Divinópolis MG - 2023

- **Jugular:** A peça ajustável é feita de tecido elástico, com cerca de 2 cm de largura, nas cores cinza ou preta. Possui dois ganchos nas extremidades que se encaixam na suspensão do capacete de segurança para garantir uma fixação adequada à cabeça, sendo importante ressaltar que não contém componentes metálicos.

VESTIMENTA ANTICHAMAS

” A composição das vestimentas para proteção, contra os efeitos térmicos do arco elétrico e do fogo repentino, por exemplo, deve contar tecidos especiais para garantir um desempenho satisfatório quando expostos à energia incidente e à chama”. Pluniformes (2023)

De acordo com Pluniformes (2023), é importante ressaltar que, além de proporcionar proteção máxima aos trabalhadores contra os efeitos térmicos do arco elétrico e do fogo repentino, as vestimentas devem possuir características que assegurem sua durabilidade ao longo do uso. Essas características incluem a resistência mecânica do tecido e das linhas de costura.

O Ministério do Trabalho e Emprego considera roupa de trabalho um equipamento de proteção individual e seu uso é regulamentado na legislação brasileira por meio das Normas Regulamentadoras (NR).

Sua abordagem apresenta-se como proteção contra riscos de origem mecânica, térmica, radioativa e outros. DO PRADO (2017). Normas estas que estabelecem critérios dos quais as organizações brasileiras devem adotar para prevenções de acidentes e acompanhamento dos riscos aos quais os trabalhadores

são expostos.

Segundo a empresa IdealWork (2021), é amplamente reconhecido que os trabalhadores que realizam atividades envolvendo equipamentos energizados ou que estejam próximos a eles têm a obrigação de utilizar uniformes retardantes a chamas, conforme ilustrado na Figura 1.4. Essa prática é essencial tanto na geração, transmissão quanto na distribuição de energia, demonstrando o comprometimento da empresa com a segurança por meio do fornecimento de vestimentas adequadas.

Figura 1.4: Conjunto de roupa anti chamas.



Fonte: Cemig Distribuição S.A. - Divinópolis MG - 2023

LUVAS

As luvas de vaqueta são equipamentos de proteção individual (EPI) amplamente utilizados em diversas áreas de trabalho que exigem segurança e proteção para as mãos. Feitas de couro bovino, as luvas de vaqueta são conhecidas por sua resistência, durabilidade e capacidade de proteger os trabalhadores contra riscos mecânicos, abrasivos e térmicos.

A principal característica das luvas de vaqueta é sua alta resistência física. O couro bovino utilizado em sua fabricação é extremamente resistente a rasgos, cortes e perfurações, proporcionando uma barreira efetiva contra objetos afiados, bordas ásperas e materiais abrasivos. Essa resistência física é fundamental para proteger as mãos dos trabalhadores contra lesões e ferimentos durante atividades que envolvem o manuseio de materiais pesados, ferramentas cortantes ou processos industriais.

As luvas para eletricitas, ilustradas na Figura 1.5, são luvas que proporcionam proteção completa aos profissionais que trabalham em empresas de eletricidade ou áreas similares. É essencial que os trabalhadores envolvidos com redes elétricas ou equipamentos de alta descarga elétrica utilizem esse tipo de luva para prevenir choques elétricos, desde os mais leves até os mais intensos.

Figura 1.5: Luva



Fonte: Autor. - Divinópolis MG - 2023.

BOTA

O trabalho realizado pelo eletricitista exige extrema cautela em relação à segurança e proteção do profissional, pois envolve riscos como trabalho em alturas elevadas e exposição a alta tensão elétrica. Nesse sentido, o uso adequado de Equipamentos de Proteção Individual (EPIs) é fundamental no cotidiano desse profissional, assegurando sua proteção e bem-estar durante as atividades.

Dentre os principais EPIs para eletricitista, é possível destacar os calçados de segurança como um dos itens indispensáveis. Isso porque a botina para eletricitista garante a proteção dos membros inferiores, evitando ferimentos na região dos pés e garantindo isolamento contra choques elétricos.

Os calçados de segurança são peças fundamentais em diversas áreas profissionais, oferecendo tanto proteção quanto conforto ergonômico. No caso dos eletricitistas, o uso desses calçados é indispensável para evitar lesões nos pés, proporcionar segurança contra choques elétricos e prevenir escorregões durante trabalhos em locais elevados. É essencial que os eletricitistas utilizem calçados

adequados que atendam aos requisitos de segurança estabelecidos, garantindo assim a proteção necessária durante suas atividades laborais.

A bota de segurança, Figura 1.6, é um calçado até a altura do tornozelo, que tem como principal característica a resistência a objetos perfurocortantes, temperaturas elevadas, presença de produtos químicos e agentes abrasivos. Além disso, é feita de material capaz de isolar o pé do usuário contra choques elétricos.

A fim de garantir uma proteção adequada, é fundamental que a bota atenda a todas as especificações técnicas estabelecidas pelo fabricante, além de ser utilizada e conservada corretamente pelos trabalhadores, conforme as práticas recomendadas.

Conforme estabelecido pela Norma Regulamentadora número 6, que trata sobre o uso de Equipamentos de Proteção Individual, e outras normas específicas relacionadas a calçados de segurança e resistência elétrica, existem diretrizes a serem seguidas para as botas destinadas aos eletricitistas.

Essas diretrizes descritas são descritas pela empresa Mundo linha viva (2018) e podem ser resumidas da seguinte forma:

- A bota deve ser fabricada em couro preto, com coloração preta no interior, sem falhas ou cantos vivos no acabamento.
- É necessário que a bota possua o Certificado de Aprovação (CA), com informações como data, lote e identificação do fabricante gravadas em relevo na língua do calçado.
- A palmilha deve ser feita de tecido de fibra curta e absorvente, com no mínimo 2 milímetros de espessura, e deve receber tratamento antifúngico e antibacteriano.
- A bota deve possuir uma biqueira plástica resistente a impactos mecânicos, sem qualquer tipo de ressalto interno. É importante destacar que o uso de biqueiras de ferro é proibido para eletricitistas, devido à sua condutividade elétrica.
- O solado da bota deve ser isolante e antiderrapante, feito de poliuretano com densidade 100%, com altura de 15 mm e ângulo mínimo de 95° e máximo de 115° (ângulo formado entre o salto da bota e a parte mais baixa da sola).

Figura 1.6: Bota.



Fonte: Cemig Distribuição S.A. - Divinópolis MG - 2023.

CINTO DE SEGURANÇA TIPO PARAQUEDISTA

O trabalho em altura é quando o profissional realiza um determinado tipo de serviço a pelo menos 2 metros de altura da base em que o trabalhador está localizado, ou quando existir um risco potencial de lesão abaixo desta altura.

Em concordância com Hercules (2018), a utilização do cinto de segurança tipo paraquedista atende às exigências estabelecidas na NR 35, que trata especificamente sobre o Trabalho em Altura, e também da NR 6, que orienta sobre a obrigatoriedade de EPIs para a realizações de atividades que representam risco para a integridade física do trabalhador.

O cinto de segurança tipo paraquedista é um equipamento de alta qualidade recomendado para a execução de trabalhos em grandes alturas. De acordo com HerculeS (2018), o cinto de segurança tipo paraquedista é empregado para garantir a fixação e a segurança do trabalhador durante a realização de tarefas em locais elevados. Ele é fixado em um ponto que fornece a sustentação necessária para o trabalho e distribui o peso do trabalhador pelos pontos de conexão ao longo do corpo, prevenindo quedas

Conforme mencionado por especialistas no assunto, o cinto de segurança do tipo paraquedista oferece diversas opções de pontos de conexão, com o objetivo de proporcionar maior segurança, conforto e mobilidade ao trabalhador, Figura 1.7. Essas opções são essenciais para que o profissional possa utilizar os pontos de

conexão mais adequados às necessidades de sua atividade. Entre os principais pontos de conexões disponíveis descritos por HerculeS (2018), destacam-se:

- Alças de conexão frontal, retenção A2.
- Ajuste peitoral.
- Conforto lombar para posicionamento.
- Ajuste de cintura com engate rápido.
- Fita subpélvica.
- Alças de acesso para espaço confinado.
- Clip passador e ajustador de fita.
- Ajuste de fivelas ombros.
- Argolas de posicionamento.
- Ajustes de fivelas pernas.

Figura 1.7: Cinto tipo paraquedista.



Fonte: Autor - Divinópolis MG - 2023

De acordo com informações fornecidas pela empresa DeltaPlus (2020), o talabarte tipo Y é um equipamento composto pelo cinto de segurança paraquedista, possuindo duas alças que formam um formato de Y. Esse tipo de talabarte funciona de maneira similar ao talabarte simples, porém permite a realização de ancoragem dupla em pontos alternados. Essa característica proporciona ao trabalhador maior facilidade de deslocamento tanto na horizontal quanto na vertical. A utilização do talabarte tipo Y contribui para a segurança e mobilidade durante a realização de atividades em altura.

O modelo “Y” proporciona ao usuário uma maior segurança nas atividades de progressão vertical ou horizontal. Por ser confeccionado com duas alças, o usuário pode superar obstáculos e tem a possibilidade de estar todo o tempo exposto ao risco de queda conectado ao sistema de ancoragem.

Figura 1.8: Talabarte tipo Y.



Fonte: Cemig Distribuição S.A. - Divinópolis MG - 2023

Conforme mencionado pela empresa DeltaPlus (2020), o deslocamento em linha flexível ou rígida é uma técnica que permite ao trabalhador mover-se ao longo de uma linha de ancoragem utilizando um dispositivo de bloqueio e retenção de queda, conhecido como "trava quedas" Figura 1.9. Esse dispositivo possibilita o deslocamento vertical sem a necessidade de intervenção manual durante as mudanças de posição para cima ou para baixo. Além disso, ele é projetado para bloquear automaticamente sobre a linha de ancoragem em caso de queda. A utilização desse método proporciona maior segurança e eficiência durante as atividades em altura.

Figura 1.9: Trava quedas.



Fonte: Cemig Distribuição S.A. - Divinópolis MG - 2023

De acordo com a empresa Deltaplus (2020), outro equipamento englobado no cinto de segurança paraquedista é o talabarte de posicionamento, Figura 1.10, que é utilizado para que profissionais consigam se posicionar corretamente e tenham as mãos livres para a execução do trabalho. Este é muito utilizado pelos eletricitistas e técnicos. Mas ressalta-se que o mesmo não resguarda contra quedas, devendo ser usado com outro talabarte.

Figura 1.10: Talabarte de posicionamento



Fonte: Cemig Distribuição S.A. - Divinópolis MG - 2023

Os cintos de segurança para trabalho em altura são fabricados em poliéster, um material sintético que oferece características como conforto, maleabilidade, resistência e tenacidade. Essas propriedades tornam o uso dos cintos mais fácil e garantem maior segurança ao trabalhador. É de responsabilidade do empregador fornecer os Equipamentos de Proteção Individual (EPIs) necessários para a realização das tarefas, incluindo o cinto de segurança. Por sua vez, é fundamental que o profissional utilize corretamente todos os equipamentos de segurança disponibilizados, garantindo assim a eficácia na proteção durante suas atividades