

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE CONSTRUÇÃO CIVIL
ESPECIALIZAÇÃO EM ENGENHARIA DE SEGURANÇA DO TRABALHO

AYSLAN CRISTIANO RIBEIRO

**SEGURANÇA NO TRABALHO EM OPERAÇÕES DE
DESENERGIZAÇÃO E ENERGIZAÇÃO DE SUBESTAÇÕES DE
ENERGIA EM 13,8 kV.**

MONOGRAFIA DE ESPECIALIZAÇÃO

CURITIBA

2018

AYSLAN CRISTIANO RIBEIRO

**SEGURANÇA NO TRABALHO EM OPERAÇÕES DE
DESENERGIZAÇÃO E ENERGIZAÇÃO DE SUBESTAÇÕES DE
ENERGIA EM 13,8 kV**

Monografia do curso de pós-graduação do curso de Engenharia de Segurança do Trabalho do Departamento Acadêmico de Construção Civil – DACOC – da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, como requisito parcial para obtenção do título de Especialista em Engenharia de Segurança do Trabalho.

Orientador: Prof. M. Eng. Massayuki Mario Hara.

CURITIBA

2018

AYSLAN CRISTIANO RIBEIRO

**SEGURANÇA NO TRABALHO EM OPERAÇÕES DE
DESENERGIZAÇÃO E ENERGIZAÇÃO DE SUBESTAÇÕES DE
ENERGIA EM 13,8 kV**

Monografia aprovada como requisito parcial para obtenção do título de Especialista no Curso de Pós-Graduação em Engenharia de Segurança do Trabalho, Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, pela comissão formada pelos professores:

Banca:

Prof. Dr. Rodrigo Eduardo Catai
Departamento Acadêmico de Construção Civil, UTFPR – Câmpus Curitiba.

Prof. Dr. Adalberto Matoski
Departamento Acadêmico de Construção Civil, UTFPR – Câmpus Curitiba.

Prof. M.Eng. Massayuki Mário Hara (orientador)
Departamento Acadêmico de Construção Civil, UTFPR – Câmpus Curitiba.

Curitiba

2018

“O termo de aprovação assinado encontra-se na Coordenação do Curso”

RESUMO

RIBEIRO, Ayslan Cristiano; **Segurança no trabalho nas operações de desenergização e energização de subestações de energia em 13,8 kV**. 2018. 70 f. Monografia (Especialização em Engenharia de Segurança do Trabalho) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2018.

No ano de 2017 ocorreram 1.387 mortes por acidentes de origem elétrica, sendo que os dois principais agentes causadores de acidentes são os atos inseguros e as condições inseguras. O presente trabalho tem por objetivo analisar os riscos relacionados à segurança no trabalho nas operações de desenergização e energização de subestações de instalações elétricas de empresas do ramo industrial, condomínios empresariais, hospitais e *shopping centers*. Para realização desta monografia foram escolhidas três instalações elétricas de cada tipo, totalizando 12 instalações, e estabelecidos 10 itens normativos relativos à segurança na operação das subestações a serem verificados. Com base nos relatórios de manutenção preventiva, como resultados, foram verificadas as conformidades e desconformidades das instalações analisadas. Verificou-se que a instalação com maior número de deficiências apresentou 80 % de itens em desconformidade, já a instalação com menor número de deficiências apresentou apenas 20 %. A média de desconformidades encontradas foi de 51%, sendo os *shopping centers* as instalações que, em média, possuem menor número de deficiências. Verificou-se ainda que as desconformidades mais comuns encontradas nas instalações analisadas são quanto à identificação dos circuitos e condutores elétricos e à inexistência de dispositivo de parada de emergência. A partir dos dados obtidos foram sugeridas ações corretivas para as deficiências encontradas.

Palavras-chave: Segurança do trabalho, subestações, desenergização, riscos elétricos.

ABSTRACT

RIBEIRO, Ayslan Cristiano. **Safety at work in de-energization and energization operations of power substations of 13,8 kV**. 2018. 70 f. Monografia (Especialização em Engenharia de Segurança do Trabalho) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2018.

In the year of 2017 occurred 1,387 deaths caused by accidents of electrical origin, and the main causative agents of accidents are unsafe acts and unsafe conditions. This academic work aimed to analyze the risks related to safety at work in the de-energization and energization operations of substations of electrical facilities in industrial companies, business condominiums, hospitals and malls. For the accomplishment of this monograph, three electrical facilities within each type were chosen, totaling 12 facilities, and were established 10 normative items related to safety in the operation of the substations to be verified. Based on preventive maintenance reports, as results, the conformities and nonconformities of the analyzed facilities were verified. It was found that the facility with the larger number of deficiencies presented 80% of the items in nonconformity, and the facility with de smaller number of deficiencies presented just 20%. The average of nonconformity found in the analysis was 51%, and the facilities of the malls have the smaller number of deficiencies on average. It was also verified that the most common nonconformities found in the analyzed facilities are related to identification of circuits and electrical conductors, and the lack of emergency stop device. From the data obtained, corrective actions were suggested for the deficiencies found.

Keywords: Labor safety; substation; de-energization; electrical risks.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Posto de Transformação.....	15
Figura 2 – Cabine de Alvenaria.....	16
Figura 3 – Cabine Pré-Fabricada Metálica.....	16
Figura 4 – Cabine Pré-Fabricada Mista (Semienterrada).....	17
Figura 5 – Subestação ao Tempo.....	17
Figura 6 – Componentes de um condutor elétrico (cabo).	18
Figura 7 – Componentes da chave seccionadora (abertura sem carga).....	19
Figura 8 – Componentes da chave seccionadora (abertura sob carga).....	19
Figura 9 – Relé de proteção microprocessado VAMP57	20
Figura 10 – Componentes Internos (Disjuntor de Alta Tensão).....	22
Figura 11 – Luminária de emergência com lâmpada de LED.....	23
Figura 12 – Bloqueio mecânico por chave.....	24
Figura 13 – Bloqueio mecânico (chave seccionadora).....	25
Figura 14 – Relé de bloqueio.....	25
Figura 15 – Arco elétrico.....	27
Figura 16 – Capacete de segurança	29
Figura 17 – Calçado de segurança.....	30
Figura 18 – Óculos de segurança.....	30
Figura 19 – Exemplo de atenuação de energia incidente em uma vestimenta.....	31
Figura 20 – Vestimenta de proteção contra arco elétrico.....	31
Figura 21 – Tamanhos das luvas de borracha isolante.....	32
Figura 22 – Classe das luvas de borracha isolante.....	32
Figura 23 – Conjunto de aterramento temporário.....	33
Figura 24 – Detector de alta tensão.....	34
Figura 25 – Detector de baixa tensão.....	34
Figura 26 – Vara de Manobra.....	35
Figura 27 – Tapete Isolante.....	35
Figura 28 – Entrada – Instalação industrial 1.....	50
Figura 29– Entrada – Instalação industrial 1.....	51
Figura 30– Iluminação de Emergência – Instalação industrial 1.....	51
Figura 31– Bloqueio Mecânico – Cond. Empresarial 3.....	54
Figura 32– Identificação dos Condutores – Inst. Hospitalar 2.....	56

Figura 33– Sinalização e dispositivo de bloqueio da chave de aterramento.62

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Resumo dos itens de verificação das instalações elétricas.	44
Quadro 2 – Características das instalações industriais.	45
Quadro 3 – Características dos condomínios empresariais	47
Quadro 4 – Características das instalações hospitalares.....	47
Quadro 5 – Características da instalação dos <i>shoppings centers</i>	48
Quadro 6 – Análise das instalações elétricas industriais.	49
Quadro 7 – Análise dos condomínios empresariais.	53
Quadro 8 – Análise das instalações hospitalares.	55
Quadro 9 – Análise dos <i>shopping centers</i>	57
Quadro 10 – Análise de dados por instalação.....	59
Quadro 11 – Análise de dados por item.	60

LISTA DE SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
ATPV	Arc Thermal Performance Value
CA	Certificado de Aprovação
COPEL	Companhia Paranaense de Energia
MTE	Ministério do Trabalho e Emprego
NR	Norma Regulamentadora
NTC	Norma Técnica COPEL

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	12
1.1	PROBLEMAS E PREMISSAS	12
1.2	OBJETIVOS	13
1.2.1	Objetivo Geral	13
1.2.2	Objetivos Específicos	13
1.3	DELIMITAÇÃO DO TEMA	13
1.4	JUSTIFICATIVA	14
2	DESENVOLVIMENTO TEÓRICO.....	15
2.1	SUBESTAÇÕES	15
2.2	COMPONENTES DA SUBESTAÇÃO (EQUIPAMENTOS).....	17
2.2.1	Condutores Elétricos (Cabos).....	18
2.2.2	Chaves Seccionadoras	19
2.2.3	Relés de Proteção.....	20
2.2.4	Disjuntores de Alta e Baixa Tensão.....	21
2.2.5	Iluminação de Emergência	22
2.3	BLOQUEIOS, IMPEDIMENTOS E INTERTRAVAMENTOS	23
2.3.1	Bloqueio Mecânico	23
2.3.2	Bloqueio Elétrico	25
2.3.3	Intertravamento Mecânico e Elétrico.....	25
2.4	RISCOS ELÉTRICOS E EQUIPAMENTOS DE PROTEÇÃO.....	26
2.4.1	Choque Elétrico	26
2.4.2	Arco Elétrico.....	27
2.4.3	Equipamentos de Proteção Individual	28
2.4.4	Equipamentos de Proteção Coletiva	32
2.4.5	Ensaio Dielétricos Periódicos	35
2.5	PROCEDIMENTOS DE DESENERGIZAÇÃO E ENERGIZAÇÃO.....	35

2.6	ITENS NORMATIVOS (ANÁLISE DE INSTALAÇÕES).....	38
2.6.1	Projeto Elétrico	38
2.6.2	Identificação dos Circuitos	39
2.6.3	Aterramento Temporário	39
2.6.4	Dispositivos de Bloqueio	40
2.6.5	Intertravamento Mecânico/Elétrico	41
2.6.6	Sinalização de Advertência (Chave Seccionadora)	41
2.6.7	Dispositivo de Parada de Emergência	42
2.6.8	Iluminação de Emergência	42
2.6.9	Sinalização e Dispositivo de Abertura (Porta de Entrada)	43
2.6.10	Equipamentos de Proteção Individual e Coletiva	43
2.6.11	Resumo dos Itens Verificados	44
3	METODOLOGIA.....	45
3.1	ESCOLHA DOS ITENS A SEREM VERIFICADOS	48
3.1.1	Aplicação da Verificação às Instalações Escolhidas	48
4	ANÁLISE DOS RESULTADOS DO ESTUDO.....	49
4.1	VERIFICAÇÃO DAS INSTALAÇÕES ELÉTRICAS.....	49
4.1.1	Instalações Elétricas Industriais.....	49
4.1.2	Condomínio Empresarial	52
4.1.3	Instalações Elétricas Hospitalares.....	54
4.1.4	<i>Shopping Centers</i>	56
4.2	ANÁLISE DAS DESCONFORMIDADES POR INSTALAÇÃO.....	58
4.3	ANÁLISE DAS DESCONFORMIDADES POR ITEM.....	59
4.4	SUGESTÕES DE ADEQUAÇÃO	61
4.4.1	Diagrama Unifilar	61
4.4.2	Identificação dos Circuitos	61
4.4.3	Aterramento Temporário	61

4.4.4	Dispositivos de Bloqueio	62
4.4.5	Intertravamento Mecânico/Elétrico	62
4.4.6	Sinalização de Advertência (Chave Seccionadora)	62
4.4.7	Dispositivo de Parada de Emergência	63
4.4.8	Iluminação de Emergência	63
4.4.9	Sinalização e Dispositivo de Abertura (Porta de Entrada)	63
4.4.10	Equipamentos de Proteção Individual e Coletiva	63
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	64
5.1	CONSIDERAÇÕES FINAIS	64
	REFERÊNCIAS	65

1 INTRODUÇÃO

A norma regulamentadora nº 10 (NR-10) do Ministério do Trabalho e Emprego (MTE) estabelece que as instalações elétricas devem ser mantidas em condições seguras de funcionamento e os seus dispositivos de proteção devem ser inspecionados e controlados periodicamente de acordo com as regulamentações existentes e definições de projetos (BRASIL, 2016).

Segundo a resolução normativa nº 414 da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) que estabelece as condições gerais de fornecimento de energia elétrica, em seu artigo nº 167, o consumidor é responsável pelo dano causados a pessoas ou bens, decorrentes de defeitos na sua unidade consumidora, em razão da má utilização e conservação das instalações ou do uso inadequado da energia (BRASIL, 2010).

Neste sentido, para os processos de operação e manutenção de sistemas elétricos Ekel, Júnior e Maia (2016 apud BRENNER, 2013) salientam que se tornou cada vez mais necessária a realização de ações para a identificação e gestão dos riscos de origem elétrica por parte das empresas atuantes neste segmento. A ABRACOPEL (2018) ressalta que, mesmo com a implementação de ações que visam o manuseio seguro da eletricidade, não é possível evitar que pessoas morram ou fiquem gravemente feridas.

Segundo Ekel, Júnior e Maia (2016 apud Floyd 2014) os profissionais atuantes na área elétrica reduzem a atenção durante o desenvolvimento de suas atividades devido à falsa percepção de que a gestão do perigo está sob controle. Esta percepção tem origem na baixa frequência de ocorrências de acidentes de natureza elétrica, quando comparado aos demais tipos de riscos.

1.1 PROBLEMAS E PREMISSAS

O principal problema encontrado e que objetivou o trabalho foi a verificação em campo de que muitas instalações elétricas não possuem dispositivos, procedimentos e sinalizações de segurança a fim de minimizar os riscos envolvendo as operações de energização e desenergização.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo Geral

Analisar os riscos relacionados à segurança do trabalho nas operações de desenergização e energização de subestações de instalações elétricas de empresas do ramo industrial, condomínios empresariais, hospitais e *shopping centers*.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Analisar os relatórios de manutenção preventiva das subestações para identificação dos dispositivos relacionados à operação de desenergização e energização;
- Verificar a existência de dispositivos, procedimentos e sinalizações para realização de operações com segurança nas instalações elétricas analisadas;
- Apresentar as deficiências encontradas nas instalações elétricas analisadas; e
- Recomendar ações corretivas e melhorias para realização de operações com segurança.

1.3 DELIMITAÇÃO DO TEMA

Esta pesquisa restringe-se ao estudo da segurança no trabalho em operações de desligamento de energia e manutenção de subestações de instalações elétricas atendidas por meio das redes primárias de distribuição.

Fazem parte deste estudo apenas às subestações de unidades consumidoras, desta forma, não serão estudadas as subestações pertencentes às concessionárias de energia.

Serão analisadas as instalações elétricas de empresas do ramo industrial, condomínios empresariais, hospitais e *shopping centers*, compreendendo desde o ponto de entrega da concessionária de energia (ponto de conexão do sistema elétrico da concessionária com as instalações elétricas da unidade consumidora) até o disjuntor geral de baixa tensão dos transformadores de potência. Para os *shopping centers*, serão estudadas as instalações pertinentes ao condomínio, sendo desconsideradas as instalações elétricas de propriedade dos lojistas.

1.4 JUSTIFICATIVA

Segundo a ABRACOPEL (2018), no ano de 2017 ocorreram 1.387 mortes por acidentes de origem elétrica (choque elétrico, incêndios por curto-circuito e descargas atmosféricas). Deste total, foram registradas 18 mortes de eletricitistas profissionais que desenvolvem atividades em empresas, o fato que chama a atenção é que apesar de todos os conhecimentos que foram adquiridos no exercício da função, ainda ocorrem acidentes fatais.

Para Diniz (2005), os dois principais agentes causadores de acidentes são os atos inseguros e as condições inseguras. Por atos inseguros, entendem-se todas as ações comportamentais dos indivíduos (indevidas ou inadequadas) que podem gerar acidentes. Já as condições inseguras são aqueles presentes no ambiente, e que podem proporcionar risco de acidentes durante a realização das atividades.

Gonçalves et al. (2010), sugerem que para o processo de investigação dos acidentes, devem ser considerados tanto os erros humanos (atos inseguros) quanto as questões organizacionais (condições inseguras). Segundo os pesquisadores, o maior agente causador dos acidentes no setor elétrico foram as questões organizacionais (condições inseguras), correspondendo à 45,5% dos acidentes registrados, fato este que enfatiza que os trabalhadores tiveram um papel passivo na sequência de eventos. Entretanto, conforme dados da pesquisa, 19,7 % dos acidentes tiveram como causa raiz a execução dos procedimentos técnicos fora de sequência.

Deste modo, verifica-se a necessidade da existência nas instalações elétricas de dispositivos de sinalizações, identificações e bloqueios, buscando a minimização do risco de acidentes por execução de procedimentos técnicos fora da sequência e por condições inseguras.

2 DESENVOLVIMENTO TEÓRICO

2.1 SUBESTAÇÕES

Segundo Mamede Filho (2007, p.577), uma subestação pode ser definida como um conjunto de condutores, aparelhos e equipamentos destinados a modificar as grandezas elétricas (tensão e corrente), permitindo sua distribuição aos pontos de consumo em níveis adequados de utilização.

As subestações, para atendimento de unidades consumidoras de energia, podem ser classificadas conforme a COPEL (2013):

- Posto de Transformação: Subestação contendo equipamentos instalados em poste e mureta destinados a medição, proteção e transformação de energia elétrica. A figura 1 apresenta um posto de transformação.

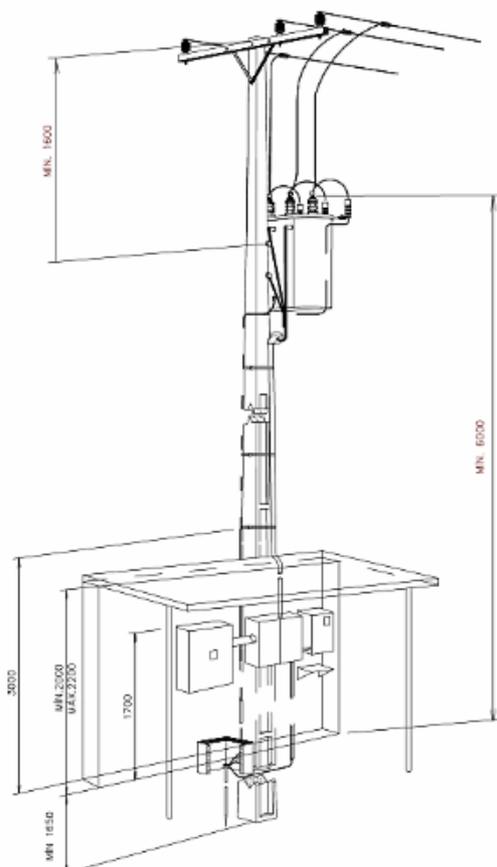


Figura 1 – Posto de Transformação.
Fonte: COPEL (2013, p.94).

- Cabina de Alvenaria: Cabina confeccionada em alvenaria ou concreto contendo equipamentos instalados em local abrigado destinados a medição, proteção e/ou transformação de energia elétrica. A figura 2 apresenta uma cabine em alvenaria;



Figura 2 – Cabine de Alvenaria.
Fonte: Soluções Industriais (2018).

- Cabina Pré-fabricada Metálica: Cabina confeccionada em chapas metálicas (aço-carbono ou alumínio) contendo equipamentos instalados em local abrigado destinados a medição, proteção e/ou transformação de energia elétrica. A figura 3 apresenta uma cabine pré-fabricada metálica;



Figura 3 – Cabine Pré-Fabricada Metálica.
Fonte: Engelco (2018).

- Cabina Pré-fabricada Mista: Cabina confeccionada em chapas metálicas (aço-carbono ou alumínio) e placas de concreto ou alvenaria, contendo equipamentos instalados em local abrigado destinados a medição, proteção

e/ou transformação de energia elétrica. A figura 4 apresenta uma cabine pré-fabricada mista do tipo semienterrada;



Figura 4 – Cabine Pré-Fabricada Mista (Semienterrada).
Fonte: Mecanotécnica (2018).

- Subestação ao Tempo: Subestação contendo equipamentos instalados ao tempo, destinados a medição, proteção e/ou transformação de energia elétrica. A figura 5 apresenta uma subestação ao tempo;



Figura 5 – Subestação ao Tempo.
Fonte: Duailibe (1999).

2.2 COMPONENTES DA SUBESTAÇÃO (EQUIPAMENTOS)

Segundo Mamede Filho (2007, p. 577) as subestações de energia possuem diversos equipamentos para que possam realizar as funções de medição, proteção e/ou transformação de energia elétrica. Nas próximas seções, serão apresentados alguns de seus componentes (equipamentos), entretanto, fazem parte deste estudo apenas os equipamentos de manobra/proteção.

2.2.1 Condutores Elétricos (Cabos)

Segundo Mamede Filho (2005, p. 76), condutor elétrico (também chamado de condutor de energia) é o meio pelo qual se transporta potência desde um determinado ponto denominado fonte ou alimentação, até o ponto de consumo. Mamede salienta que, em instalações industriais, os condutores elétricos são predominantemente constituídos de cobre (metal condutor de energia elétrica).

Mamede Filho (2005), enfatiza que os componentes de um cabo são:

- Condutor: refere-se aos metais destinados à fabricação dos cabos, sendo os mais comuns o cobre e o alumínio;
- Isolamento: refere-se à camada isolante de um condutor elétrico, sendo as mais comuns fabricadas em termoplásticos (PVC) e termofixos (XLPE e EPR);
- Blindagem de Campo Elétrico: são materiais semicondutores ou simplesmente condutores que envolvem o condutor elétrico e/ou sua isolação com a finalidade de confinar o campo eletrostático ou de escoar as correntes induzidas e de curto-circuito;

A figura 6 apresenta os componentes de um condutor elétrico unipolar de classe até 35 kV.

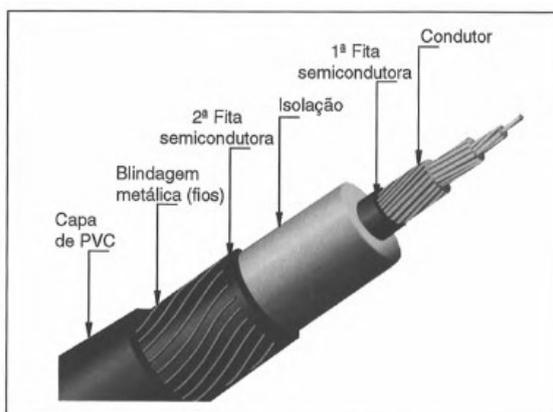


Figura 6 – Componentes de um condutor elétrico (cabo).
Fonte: Mamede Filho (2005, p.83).

2.2.2 Chaves Seccionadoras

Mamede Filho (2005, p. 223), caracteriza a chave como um dispositivo mecânico de manobra que na posição aberta assegura uma distância de isolamento e na posição fechada mantém a continuidade do circuito elétrico nas condições especificadas. Já o seccionador é caracterizado como um dispositivo mecânico de manobra capaz abrir ou fechar um circuito quando uma corrente de magnitude desprezível circula pelo mesmo, entretanto é capaz de conduzir correntes sob condições normais, e correntes anormais durante um tempo especificado.

Segundo Mamede Filho (2005, p. 223) as chaves seccionadoras são dispositivos utilizados em subestações para permitir manobras de circuitos elétricos, sem carga, isolando os demais componentes da instalação elétrica.

Conforme a ABRAMAN (2006), as chaves seccionadoras podem ser do tipo de abertura sem carga ou sob carga, sendo que a segunda é provida de uma câmara de extinção de arco e o acionamento dos contatos recebe o auxílio de molas para acelerar a abertura e o fechamento. Entretanto, a abertura sob carga não é aconselhável, devendo ser realizado somente em casos emergenciais.

As figuras 7 e 8 apresentam os componentes das chaves seccionadoras sem carga e sob carga, respectivamente.

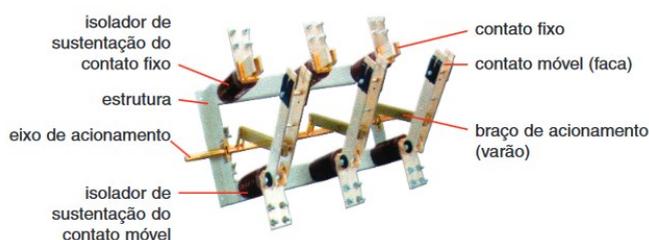


Figura 7 – Componentes da chave seccionadora (abertura sem carga).
Fonte: ABRAMAN (2006, p.96).



Figura 8 – Componentes da chave seccionadora (abertura sob carga).
Fonte: ABRAMAN (2006, p.97).

2.2.3 Relés de Proteção

De acordo com Mamede Filho (2005, p. 264), todo sistema elétrico está sujeito a um defeito transitório ou permanente, mesmo que forem tomadas todas as precauções durante as fases de projeto e execução das instalações elétricas. Segundo o autor, estes defeitos poderão ter consequências irrelevantes ou desastrosas, dependendo do sistema de proteção utilizado na instalação analisada.

Ainda segundo Mamede Filho (2005, p. 264) a proteção de uma instalação elétrica é projetada tomando-se como base a utilização de fusíveis e relés de proteção, sendo o segundo representado por uma vasta gama de dispositivos, das mais variadas formas de construção e operação, para aplicações diversas, dependendo da importância, do porte e da segurança da instalação elétrica.

Segundo Mardegan (2010, p. 29), os relés de proteção são dispositivos destinados a entrar em atuação quando uma grandeza elétrica atinge um determinado valor projetado. Deste modo, existem várias classificações que se podem dar aos relés, quanto à grandeza de atuação (corrente, tensão, frequência), forma de se conectar ao circuito (primário/ secundário), forma construtiva (eletromecânicos, mecânicos, estáticos, digitais, microprocessador, etc.), entre outros.

Os relés mais utilizados são os equipamentos para proteção de sobrecorrentes, visto que os mesmos são os solicitados pelas concessionárias de energia para todas as instalações elétricas atendidas em tensão primária de distribuição. Mardegan (2010, p. 32) salienta que os relés de sobrecorrente são os relés que operam quando o valor da corrente do circuito ultrapassa um valor predefinido, podendo ser por atuação temporizada ou instantânea.

Quando um relé atua por alguma função de proteção predefinida, o mesmo envia um sinal de trip. Segundo Mardegan (2010, p. 29), denomina-se trip o sinal de desligamento enviado a outro equipamento por um relé de proteção.

A figura 9 apresenta um relé de proteção microprocessado.



Figura 9 – Relé de proteção microprocessado VAMP57
Fonte: Schneider (2018).

2.2.4 Disjuntores de Alta e Baixa Tensão

Os disjuntores, segundo Mamede Filho (2005, p. 403) são dispositivos inseridos em instalações elétricas destinados à interrupção e reestabelecimento de correntes elétricas em determinado ponto do circuito. ABRAMAN (2006) informa que os disjuntores são dispositivos automáticos para proteção contra sobrecorrentes, capazes de interromper correntes sob condições normais e anormais por um tempo especificado, sob condições determinadas.

Mamede Filho (2005, p. 403), os disjuntores devem sempre ser instalados acompanhados da aplicação dos relés de proteção, onde estes são responsáveis pela detecção (medição) da corrente elétrica do circuito via sensores (transformadores de corrente). Após a medição da corrente elétrica e processamento interno, os relés de proteção podem ou não enviar um sinal (comando) para abertura do disjuntor. Para ABRAMAN (2006), os disjuntores sem os relés de proteção, são basicamente chaves elétricas, constituídas de contatos e dispositivos mecânicos formados por molas e alavancas, destinadas a manobra de circuitos elétricos.

ABRAMAN (2006) define o mecanismo de operação de um disjuntor, como o subconjunto de componentes internos ao mesmo que possibilita o armazenamento de energia para a operação mecânica do disjuntor, bem como a liberação desta energia por meio de mecanismos apropriados, realizando a operação de abertura e fechamento dos contatos. Existem diversas características construtivas que variam conforme o tipo de aplicação do disjuntor e fabricante. Os disjuntores a serem estudados neste trabalho são equipamentos utilizados em instalações de baixa e média tensão. Segundo ABRAMAN (2006), a maioria dos disjuntores utilizados nestes tipos de instalação possuem mecanismo de operação por molas.

Nos disjuntores acionados por molas, ABRAMAN (2006) esclarece que a energia necessária para o fechamento dos contatos é acumulada em uma mola, onde esta pode ser carregada manualmente ou por meio de um mecanismo motorizado. Quando ocorre o disparo do mecanismo de fechamento, a mola é destravada e os contatos do disjuntor são acionados, neste instante ocorre o fechamento. Simultaneamente ocorre o carregamento da mola de abertura. A figura 10 apresenta os componentes internos de um disjuntor de média tensão.

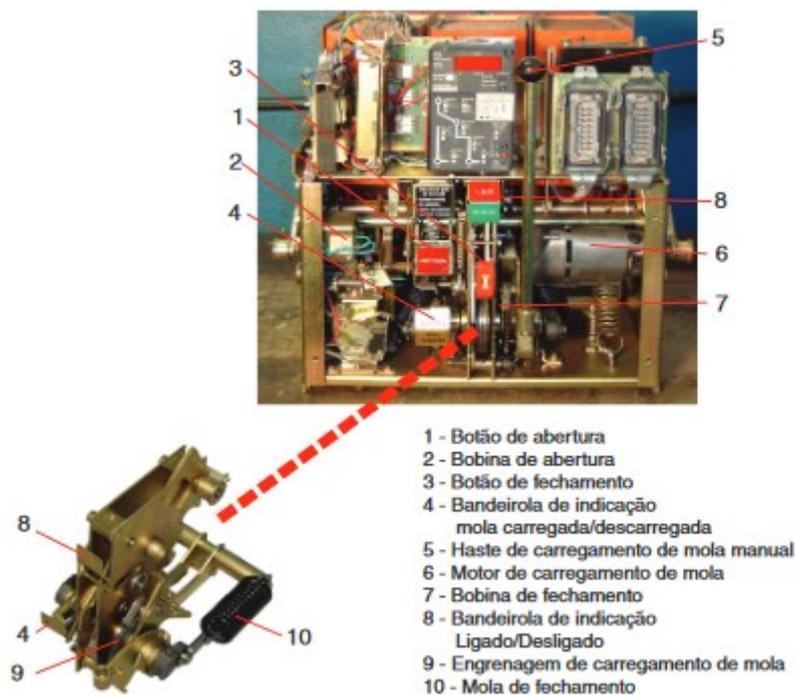


Figura 10 – Componentes Internos (Disjuntor de Alta Tensão)
Fonte: ABRAMAN (2006).

A ABB (2014) informa que os componentes internos denominados como bobina de abertura e fechamento possibilitam que o disjuntor seja receba um comando externo (também chamado de comando à distância) para abertura e fechamento, sem que haja a necessidade de que o operador esteja em frente ao equipamento.

Quanto às manobras, a ABB (2014) salienta que a abertura via comando local ou remoto é sempre possível desde que o disjuntor esteja em modo fechado, já o fechamento só é possível quando o disjuntor atende as seguintes características: disjuntor em estado aberto, molas de fechamento carregadas e relé de proteção sem nenhuma função atuada.

2.2.5 Iluminação de Emergência

Segundo a NBR 10898 (ABNT, 2013) a iluminação de emergência é definida como a iluminação que deve clarear as áreas escuras de passagem, áreas de trabalho e áreas técnicas, na falta ou falha no fornecimento de energia. Ainda conforme a NBR 10898 (ABNT, 2013), a intensidade da iluminação deve ser suficiente para que sejam evitados acidentes decorrentes do baixo iluminamento.

Segundo a NTC 903100 (COPEL, 2013) as subestações de energia atendidas em tensão primária de distribuição devem possuir iluminação de emergência com autonomia mínima de duas horas de modo a possibilitar os serviços de manutenção e atendimento, sendo essencial este tipo de iluminação nos compartimentos de medição e proteção.

A figura 11 apresenta uma luminária de emergência com lâmpadas LED.



Figura 11 – Luminária de emergência com lâmpada de LED.
Fonte: Segurimax (2018).

2.3 BLOQUEIOS, IMPEDIMENTOS E INTERTRAVAMENTOS

2.3.1 Bloqueio Mecânico

Nos processos envolvendo energia elétrica, durante a manutenção de instalações ou equipamentos é necessário realizar o bloqueio. Júnior (2013) define bloqueio como uma ação que tem por finalidade manter, por meio mecânicos um dispositivo de manobra (por exemplo chaves seccionadoras e disjuntores) fixos na posição aberta (circuito desenergizado), de forma a impedir uma ação não autorizada. Para Júnior (2013) é importante que os dispositivos possibilitem mais de um bloqueio, de modo a possibilitar trabalhos simultâneos por mais de uma equipe de manutenção.

Os bloqueios mecânicos podem utilizar cadeados ou dispositivos de bloqueio por chave. Segundo Souza (2016) os dispositivos de bloqueio também são conhecidos como “KIRK”, devido à empresa Kirk Key Interlock Company Ltd que foi uma das pioneiras neste

tipo de dispositivo, que consiste em um cilindro da fechadura, que opera um ferrolho deslizando através de um came. Souza (2016) salienta que nos módulos de bloqueio, quando as chaves ficam retidas nos tambores das fechaduras com os cilindros recolhidos, estes são denominados tipo “E”, para os módulos onde a chave fica retida com os cilindros estendidos, os mesmos são denominados tipo “W”. A figura 12 apresenta os dispositivos de bloqueio por chave.

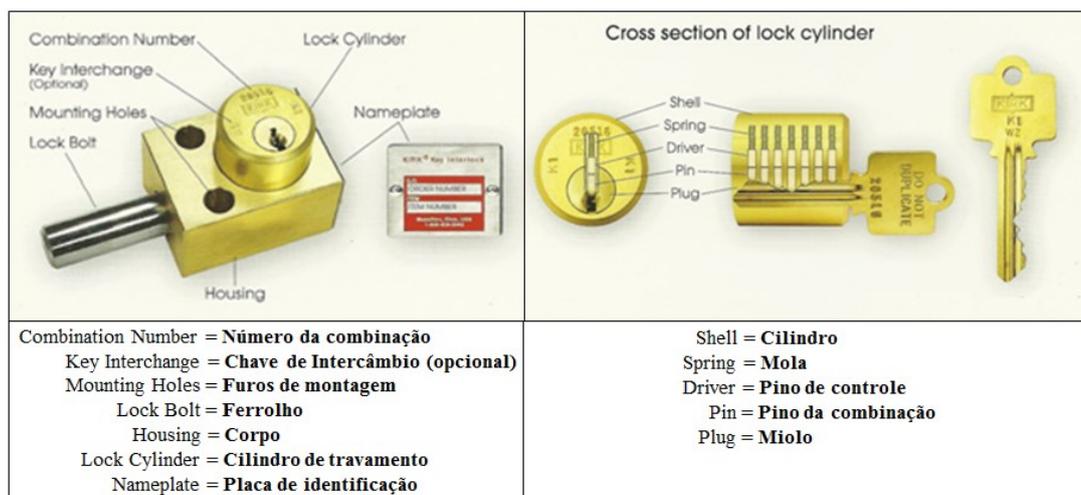


Figura 12 – Bloqueio mecânico por chave.
Fonte: Souza (2016).

Em instalações elétricas, Souza (2016) esclarece que o ferrolho deslizando quando estendido, pode impedir por ação mecânica, o funcionamento ou o fechamento de equipamentos de manobra como chaves seccionadoras ou disjuntores. A ABRAMAN (2006), informa que na maioria das instalações elétricas de média tensão, as chaves seccionadoras possuem dispositivo de bloqueio dotado de fechadura (bloqueio mecânico “KIRK”), sendo que este impede a operação do mecanismo de acionamento e consequente manobra da chave seccionadora sem que sejam realizados os procedimentos de segurança.

A figura 13 apresenta o bloqueio mecânico instalado no mecanismo de acionamento de uma chave seccionadora.

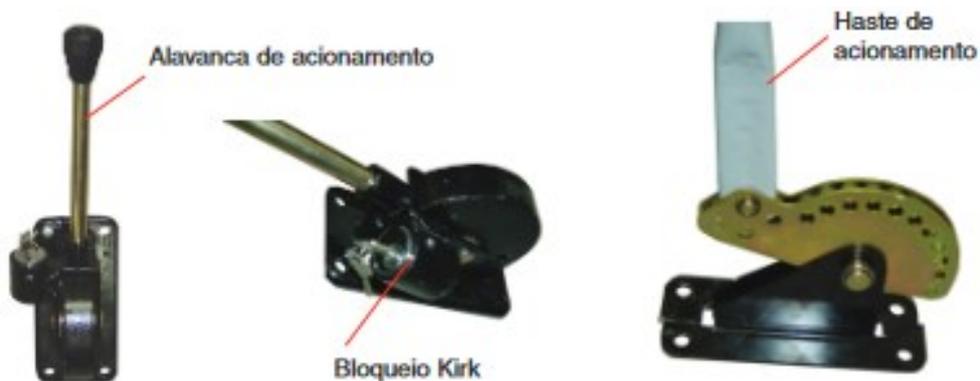


Figura 13 – Bloqueio mecânico (chave seccionadora).
Fonte: ABRAMAN (2006, p.98).

2.3.2 Bloqueio Elétrico

O bloqueio elétrico é utilizado em instalações elétricas para bloquear via sinal elétrico o fechamento de um equipamento de manobra (disjuntor), onde geralmente é utilizado um relé de bloqueio. Conforme Electron (2011), o relé de bloqueio tem como finalidade bloquear o funcionamento de um equipamento, a partir de um comando elétrico externo, permanecendo neste estado até que seja realizada a intervenção do operador (rearme manual) por meio de um botão ou manopla existente na região frontal do relé.

A figura 14 apresenta um relé de bloqueio.



Figura 14 – Relé de bloqueio
Fonte: Eléctron (2011).

2.3.3 Intertravamento Mecânico e Elétrico

Para Souza (2016), os intertravamentos mecânicos são utilizados em equipamentos e instalações elétricas para assegurar que uma operação seja realizada em uma sequência

operativa segura. Souza (2016) salienta que intertravamentos mecânicos e bloqueios mecânicos possuem finalidades e filosofias diferentes, visto que os bloqueios são utilizados nos equipamentos e circuitos elétricos com a finalidade de impedimento de reenergização, assegurando o estado de desenergização de um circuito, conforme a NR-10 item 10.5.1.b).

Segundo Souza (2015), muitas subestações elétricas utilizam intertravamentos mecânicos somente como impedimento de reenergização (bloqueio mecânico), e por falta de conhecimento, muitos profissionais acreditam erroneamente que as mesmas possuem intertravamentos mecânicos. Souza (2015) enfatiza que que exista o intertravamento é necessário que haja o inter-relacionamento das fechaduras com as respectivas chaves dos módulos de bloqueio de cada circuito ou equipamento.

Como exemplo, Souza (2015) apresenta o intertravamento mecânico em subestações em que as chaves seccionadoras se encontram em série com os disjuntores de alta tensão, nas quais somente se pode abrir a chave seccionadora com o disjuntor desligado (sem carga). Como procedimento operacional, deve-se primeiramente desligar o disjuntor e travá-lo na posição aberto. Posteriormente, com a chave solta, deve-se leva-la até o módulo de bloqueio da chave seccionadora para destravá-la na posição fechada e em seguida, abri-la sem carga para evitar a formação de um arco elétrico. Souza (2015), informa que seguindo esta sequência lógica de operação, tem-se verdadeiramente um intertravamento mecânico.

Para Souza (2009) o intertravamento elétrico é definido como o processo de ligação entre os contatos auxiliares de vários dispositivos, pelo qual as posições de operação destes dispositivos são dependentes entre si, deste modo, evita-se o processo de energização de certos dispositivos antes que os outros permitam esta operação.

2.4 RISCOS ELÉTRICOS E EQUIPAMENTOS DE PROTEÇÃO

2.4.1 Choque Elétrico

Segundo Vieira (2005), entende-se por choque elétrico uma perturbação que se evidencia no organismo humano, quando o mesmo é percorrido por uma corrente elétrica. Essas perturbações podem provocar diversos sintomas, entre eles:

- Tetanização (contração muscular tônica contínua);

- Parada respiratória;
- Fibrilação ventricular do coração;
- Queimaduras (de origem elétrica e não térmica).

A gravidade da lesão decorrente do choque elétrico é determinada pela intensidade, percurso e característica da corrente elétrica que percorreu o corpo humano, sendo que a resistência elétrica do corpo humano também é um fator determinante da gravidade da lesão.

2.4.2 Arco Elétrico

Segundo Mamede Filho (2005), o arco elétrico é um fenômeno físico que ocorre quando se separam dois terminais de um circuito elétrico que conduz determinada corrente de carga, de sobrecarga ou de defeito, ou curto-circuito. O arco elétrico também pode ser definido como um canal condutor, formando num meio fortemente ionizado, provocando intenso brilho e elevando a temperatura do meio em que se envolve. Para Floyd et al. (2005), além temperatura elevada, um arco elétrico pode apresentar outros riscos, como vapores metálicos tóxicos, projeção de partículas (metal fundido), luz intensa e uma onda de pressão.

A figura 15 apresenta a natureza direcional de um arco elétrico.

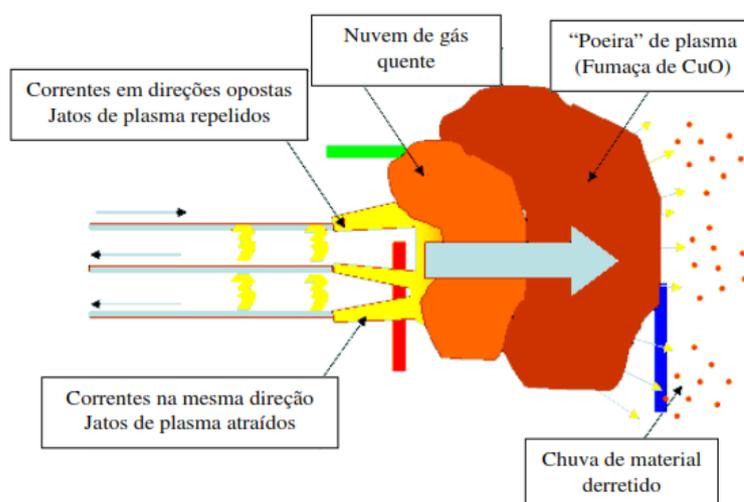


Figura 15 – Arco elétrico
Fonte: Queiroz (2011, p.17).

Segundo Louro (2008), a junção dos efeitos gerados durante a ocorrência de um arco elétrico pode apresentar os seguintes riscos aos seres humanos:

- Queimaduras;
- Traumatismo craniano;
- Esmagamento dos pulmões;
- Perda de membros;
- Surdez;
- Ferimentos resultantes de estilhaços;
- Fraturas ósseas;
- Cegueira;
- Cataratas;
- Morte.

2.4.3 Equipamentos de Proteção Individual

A norma regulamentadora nº 10 (NR-10) do MTE estabelece que quando as medidas de proteção coletiva forem inviáveis ou insuficientes, devem ser adotados equipamentos de proteção individual específicos e adequados às atividades a serem desenvolvidas. (BRASIL, 2016)

Segundo a COPEL (2018), para garantir a segurança dos profissionais envolvidos nas atividades dentro das subestações, recomenda-se a utilização, dentre outros, os seguintes equipamentos de proteção individual:

- Capacete de segurança com isolamento para eletricidade;
- Calçado de segurança isolado;
- Óculos de segurança incolor e com proteção contra raios ultravioletas;

- Vestimenta contra arco elétrico;
- Luvas de borracha isolante (AT e BT).

Conforme a CHESF (2010), o capacete de segurança é um dispositivo rígido, composto por copa, aba frontal, suspensão e jugular. Este dispositivo tem por finalidade a proteção parcial ou total da cabeça, contra impacto, penetração, choque elétrico e respingos de produtos químicos. Segundo o INMETRO (2009) os capacetes destinados a uso geral, inclusive com energia elétrica são os capacetes classe B. A figura 16 apresenta um capacete de segurança.

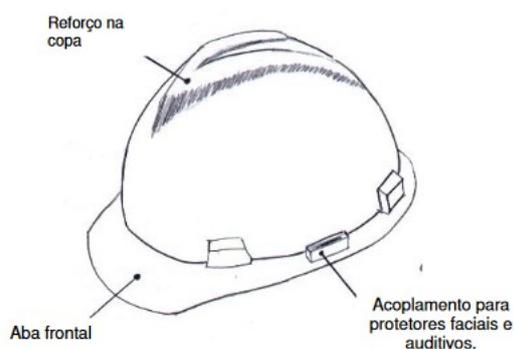


Figura 16 – Capacete de segurança
Fonte: CHESF (2010).

Segundo o MTE (2018a), o calçado de segurança trata-se de um calçado ocupacional de uso profissional para proteção dos pés do usuário contra riscos de natureza leve, contra agentes abrasivos e escoriantes e contra choques elétricos. A Figura 17 apresenta um calçado de segurança.



Figura 17 – Calçado de segurança.
Fonte: Bracol (2018).

Para o Ministério do Trabalho e Emprego (2018b) os óculos de segurança são equipamentos para proteção dos olhos dos profissionais contra impactos de partículas volantes e luminosidade intensa. A figura 18 apresenta óculos de segurança.



Figura 18 – Óculos de segurança.
Fonte: Kalipso (2018).

Tomiyoshi (2004) afirma que a norma regulamentadora nº 6 (NR-6) apesar de explicitar a necessidade de que os equipamentos de proteção individual protejam os trabalhadores contra riscos suscetíveis de ameaçar a segurança e a saúde do trabalhador, não deixa clara a necessidade de proteção contra arcos elétricos, estabelecendo somente a proteção contra agentes térmicos. Deste modo, o MTE em sua norma regulamentadora nº 10 (NR-10) estabelece que as vestimentas devem possuir propriedades específicas, sendo adequadas as atividades a serem desenvolvidas e contemplar a condutibilidade, inflamabilidade e influências eletromagnéticas. (BRASIL, 2016)

Segundo Tomiyoshi (2004), o indicador para avaliação da proteção das vestimentas contra arcos elétricos é denominado Arc Thermal Performance Value (ATPV). O ATPV pode ser definido como valor máximo de energia que pode incidir em um material têxtil sem permitir que a energia no lado a ser protegido exceda o valor do limiar de queimadura de segundo grau (5 J/cm^2) e não entre em combustão. A figura 19 apresenta a atenuação de energia em uma vestimenta.

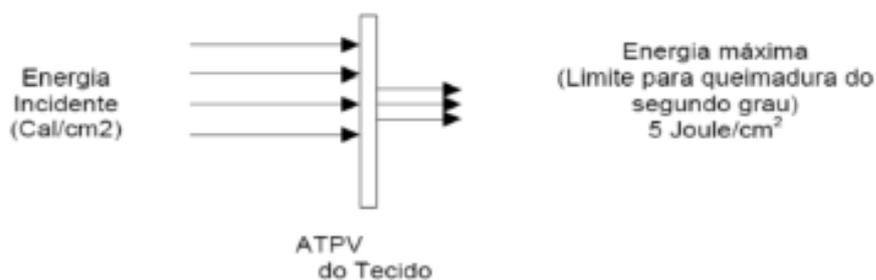


Figura 19 – Exemplo de atenuação de energia incidente em uma vestimenta.
Fonte: Tomiyoshi (2004).



Figura 20 – Vestimenta de proteção contra arco elétrico.
Fonte: Protenge (2018).

Conforme a CHESF (2016), as luvas de proteção é um equipamento de proteção individual destinado a proteger as mãos, os punhos e parte do antebraço contra acidentes a que os profissionais se expõem. Para a Orion (2018), as luvas de borracha isolante devem ser fabricadas de acordo com as normas NBR 10622 e ASTM D120 e oferecer proteção contra choques elétricos. Segundo a Orion (2018), as luvas isolantes devem ser utilizadas sempre em conjunto com luvas protetoras, que podem ser:

- Luvas de vaqueta;
- Luvas de tecido;
- Luvas antichamas.

A Orion (2018) orienta que a escolha das luvas deve ser realizada de acordo com o tamanho das mãos do profissional que irá utilizar as mesmas e com a tensão de operação do circuito. As figuras 21 e 22 apresentam os tamanhos e classes das luvas isolantes respectivamente.

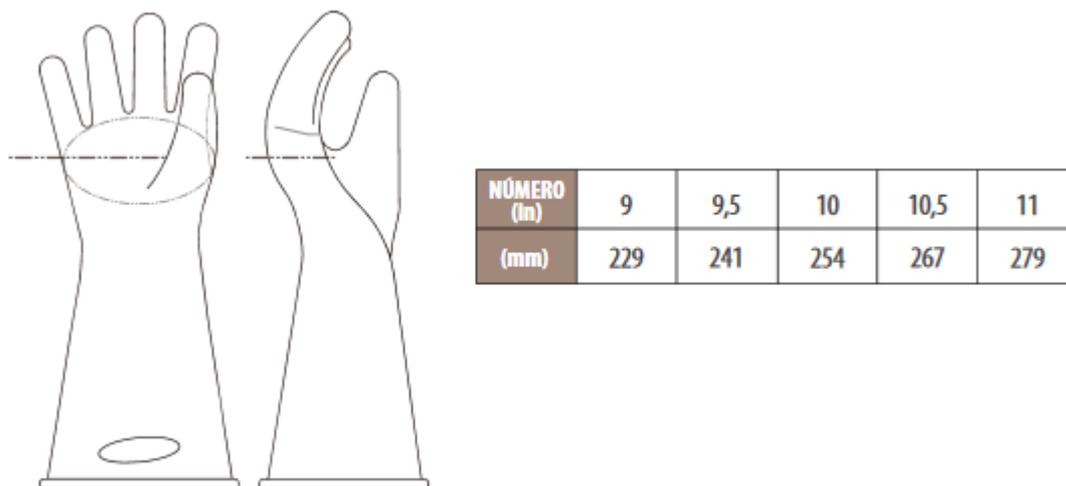


Figura 21 – Tamanhos das luvas de borracha isolante.
Fonte: Orion (2018).



Figura 22 – Classe das luvas de borracha isolante.
Fonte: Orion (2018).

2.4.4 Equipamentos de Proteção Coletiva

A norma regulamentadora nº 10 (NR-10) do MTE estabelece que em todas as atividades realizadas em instalações elétricas, devem ser previstas e adotadas preferencialmente medidas de proteção coletivas, de forma a garantir a segurança e a saúde dos trabalhadores.

Segundo a COPEL (2018), para garantir a segurança dos profissionais envolvidos nas atividades dentro das subestações, recomenda-se a utilização, dentre outros, os seguintes equipamentos de proteção coletiva:

- Conjunto de aterramento temporário;
- Detector de Tensão;
- Vara de Manobra isolada.

Conforme a NBR 14039 (ABNT, 2005) em seu item 5.7 subitem 5.7.1, além dos equipamentos de proteção individual e coletiva citados anteriormente, os profissionais que executam atividades em subestações de energia devem utilizar estrado ou tapete isolante durante as manobras de desligamento e energização.

O conjunto de aterramento temporário, segundo TEREX (2018a) é um equipamento para interligação elétrica efetiva, tendo como característica a baixa impedância intencional a terra, tendo como objetivo a garantia de equipotencialização durante a realização de atividades em instalações elétricas, protegendo os profissionais contra energização acidental. A figura 23 apresenta um conjunto de aterramento temporário.



Figura 23 – Conjunto de aterramento temporário.
Fonte: Adam Distribuidora (2018).

O detector de tensão, segundo TEREX (2018b) é um equipamento que tem por finalidade a utilização para constatação de presença ou ausência de tensão, podendo ser

utilizado por contato ou aproximação dentro de uma faixa de tensão especificada. As figuras 24 e 25 apresentam equipamentos detectores de alta e baixa tensão respectivamente.



Figura 24 – Detector de alta tensão.
Fonte: Terex (2018b).



Figura 25 – Detector de baixa tensão.
Fonte: Fluke (2018).

A vara de manobra, segundo TEREX (2018c) é um equipamento que tem por objetivo a garantir a distância de segurança e o isolamento necessário em manobras realizadas em instalações elétricas. A figura 26 apresenta uma vara de manobra.



Figura 26 – Vara de Manobra.
Fonte: Terex (2018c).

O tapete de borracha isolante, segundo ORION (2018) é um equipamento utilizado para revestimento do piso de cabines e subestações elétricas com o objetivo de aumentar a proteção dos trabalhadores contra choques elétricos. A figura 27 apresenta o tapete de borracha isolante e as classes existentes.

CLASSE	TENSÃO DE ENSAIO (VOLTS)	TENSÃO MÁXIMA DE USO (VOLTS)
0	5.000	1.000
1	10.000	7.500
2	20.000	17.000
3	30.000	26.500
4	40.000	36.000



Reteste periódico de acordo com NR10.

A marcação contém as seguintes indicações:

- Nome do fabricante;
- Número de série;
- Tipo;
- Classe.

Preto

Cinza

Figura 27 – Tapete Isolante.
Fonte: Orion (2018).

2.4.5 Ensaios Dielétricos Periódicos

A norma regulamentadora nº 10 (NR-10) do MTE estabelece que os equipamentos, dispositivos e ferramentas que possuem isolamento elétrico, devem estar adequados às tensões envolvidas na atividade a ser executada e devem ter sido testados conforme as normas vigentes. Ainda segundo à NR-10, os equipamentos destinados aos trabalhos em alta tensão devem ser submetidos à ensaios periódicos (BRASIL, 2016).

2.5 PROCEDIMENTOS DE DESENERGIZAÇÃO E ENERGIZAÇÃO

Segundo a norma regulamentadora nº 10 (NR-10) do MTE, dentre as medidas de proteção coletiva a serem utilizadas para a segurança dos profissionais que realizarão as

atividades envolvendo instalações elétricas, prioritariamente deve-se realizar a desenergização elétrica (BRASIL, 2016).

A desenergização elétrica, conforme CPNSP (2005) pode ser definida como o conjunto de ações coordenadas, sequenciadas e controladas, com o objetivo de garantir efetivamente a ausência de tensão no circuito, trecho ou ponto de trabalho, durante todo período de execução da atividade.

Conforme a NR-10, para que uma instalação elétrica seja considerada desenergizada e liberada para o trabalho, devem ser realizados os procedimentos de segurança apropriados, obedecendo a sequência:

- a) **Seccionamento:** O seccionamento pode ser compreendido como o ato de promover a descontinuidade elétrica total de um circuito, mediante a manobra de um equipamento elétrico (chave seccionadora, interruptor, disjuntor), podendo a mesma ser realizada por meio manual ou automático seguindo procedimentos de segurança específico. (MTE, 2011);
- b) **Impedimento de reenergização:** O impedimento de reenergização consiste no estabelecimento de condições que impedem a reenergização do circuito ou equipamento desenergizado, assegurando ao profissional o controle do seccionamento. Na prática, trata-se da aplicação de bloqueios mecânicos ou elétricos. (MTE, 2011). Além dos bloqueios, deve-se também fixar placas de sinalização alertando sobre a proibição de religamento e indicando que o circuito se encontra em manutenção. (CPNSP, 2005);
- c) **Constatação de ausência de tensão:** A constatação de ausência de tensão trata-se da verificação da efetiva ausência de tensão nos condutores elétricos do circuito. Deve ser feita por meio de equipamentos específicos (detectores de tensão), testados antes e após a verificação de ausência de tensão, seguindo procedimentos de segurança específicos. (CPNSP, 2005);
- d) **Instalação de aterramento temporário com equipotencialização dos condutores dos circuitos:** Após a realização da verificação de ausência de tensão, um condutor de aterramento deverá ser conectado à terra e ao neutro do sistema (caso exista), posteriormente, deverão ser conectadas as garras do conjunto de aterramento aos condutores elétricos de fase, desenergizados anteriormente, a fim

de garantir a equipotencialização (equalização de potencial). É importante que sejam controladas as quantidades de conjuntos de aterramento instalados, para garantir a retirada de todos ao final da atividade (MTE, 2011). Orienta-se trabalhar sempre entre dois pontos devidamente aterrados. (CPNSP, 2005);

- e) **Proteção dos elementos energizados existentes na zona controlada:** Todos os elementos energizados, que se encontram situados na zona controlada (área em torno da parte condutora energizada), deverão receber isolamento conveniente de modo que não possam ser acidentalmente tocados. (MTE, 2011);
- f) **Instalação de sinalização de impedimento de reenergização:** Trata-se da sinalização de segurança, com a finalidade de advertência e identificação do motivo da desenergização e informações do profissional responsável. OS cartões, avisos e etiquetas de sinalização devem ser claros e adequadamente fixados. (MTE, 2011)

Segundo a norma regulamentadora nº 10 (NR-10) do MTE, a instalação elétrica deve ser mantida desenergizada até que seja realizada a autorização para reenergização (BRASIL, 2016). O responsável pelo serviço, após a inspeção da instalação elétrica e certificação da retirada de todos os bloqueios e conjuntos de aterramento, adotará procedimentos de liberação das instalações para operação (CPNSP, 2005)

Segundo a NR-10, a instalação elétrica deve ser reenergizada respeitando a seguinte sequência de procedimentos:

- a) **Retirada das ferramentas, utensílios e equipamentos:** Este procedimento consiste na remoção de todas as ferramentas e utensílios utilizados na execução da atividade para fora da zona controlada, a fim de permitir a liberação das instalações elétricas (CPNSP, 2005);
- b) **Retirada da zona controlada de todos os trabalhadores não envolvidos no processo de reenergização:** Este procedimento consiste no afastamento dos profissionais, que deste ponto em diante não podem mais intervir nas instalações elétricas nem permanecer na zona controlada (CPNSP, 2005);
- c) **Remoção do aterramento temporário, da equipotencialização e das proteções adicionais:** Este procedimento consiste na remoção de todos os materiais utilizados para proteção das partes energizadas próximas ao local de trabalho e retirada dos aterramentos temporários. Orienta-se que os aterramentos temporários

possuam sinalização que chame a atenção dos profissionais evitando que os mesmos sejam esquecidos (CPNSP, 2005);

- d) **Remoção da sinalização de impedimento de reenergização:** Este procedimento consiste na retirada das placas e avisos de impedimento de reenergização (CPNSP, 2005);
- e) **Destramento, se houver, e religação dos dispositivos de seccionamento:** Este procedimento consiste na remoção dos bloqueios utilizados na atividade e finalmente a reenergização do circuito, reestabelecendo a condição de funcionamento das instalações elétricas (CPNSP, 2005)

Segundo a norma regulamentadora nº 10 (NR-10) do MTE, os procedimentos descritos anteriormente podem ser alterados, substituídos, ampliados ou eliminados por um profissional habilitado, sendo observadas as características técnicas de cada instalação elétrica e mantido o mesmo nível de segurança originalmente estabelecido (BRASIL, 2016).

2.6 ITENS NORMATIVOS (ANÁLISE DE INSTALAÇÕES)

Para análise das instalações elétricas a serem apresentadas no capítulo 3, foram escolhidos 10 pontos a serem analisados nas instalações, com base nos itens normativos descritos subcapítulos 2.6.1 ao 2.6.11.

2.6.1 Projeto Elétrico

O primeiro ponto a ser analisado nas instalações elétricas é disponibilização do projeto elétrico dentro da subestação de energia.

A norma regulamentadora nº 10 (NR-10) do MTE em seu item 10.3.7 estabelece que o projeto das instalações elétricas deve ficar à disposição dos trabalhadores autorizados, das autoridades competentes e de outras pessoas autorizadas pela empresa e deve ser mantido atualizado.

É de grande utilidade que o projeto elétrico esteja disponível dentro da subestação de energia para que os profissionais que irão realizar as manobras de energização e

desenergização possam verificar e analisar os circuitos, checar as alimentações e analisar as características da instalação.

2.6.2 Identificação dos Circuitos

O segundo ponto a ser analisado nas instalações elétricas é a identificação dos circuitos elétricos.

A norma regulamentadora nº 10 (NR-10) do MTE em seu item 10.10.1.b estabelece que os circuitos elétricos devem possuir identificação.

A norma técnica NBR 14039/2005 da ABNT em seu item 6.1.5.3.6 informa que para a identificação dos condutores elétricos de fase, devem ser utilizadas as seguintes cores: Fase A (vermelha), fase B (branca) e Fase C (marrom).

A norma técnica NBR 5410/2005 da ABNT em seu item 6.1.5.3 informa que para a identificação dos condutores elétricos de baixa tensão, os condutores de neutro devem possuir a cor azul-claro, os condutores de proteção devem ter coloração verde ou verde-amarela e os condutores elétricos de fase devem possuir qualquer cor exceto às citadas anteriormente.

A norma técnica COPEL NTC 903100/2013 em seu item 5.1.14.i informa que para a identificação dos condutores elétricos, devem ser utilizadas as seguintes cores: Fase A (amarela), Fase B (branca), Fase C (vermelha).

A identificação dos circuitos e condutores elétricos é de extrema importância, visto que ligação erradas podem causar inversões de fases e até curtos-circuitos, gerando riscos aos profissionais no momento da manobra de energização.

2.6.3 Aterramento Temporário

O terceiro ponto a ser analisado nas instalações elétricas é a existência de local adequado para instalação do aterramento temporário, ou de equipamentos de seccionamento de possuem dispositivos de equipotencialização e aterramento incorporados.

A norma regulamentadora nº 10 (NR-10) do MTE em seu item 10.3.6 estabelece que todo projeto deve prever condições para a adoção de aterramento temporário. Já o item 10.3.5 informa que sempre que for tecnicamente viável e necessário, devem ser projetados dispositivos de seccionamento que incorporem recursos fixos de equipotencialização e aterramento do circuito seccionado.

A existência de locais adequados para instalação do aterramento temporário torna-se importante para segurança dos profissionais, visto que, para que se considere uma instalação elétrica desenergizada e liberada para as atividades deve-se realizar o procedimento de desenergização, em que a realização do aterramento e equipotencialização do circuito elétrico é um dos procedimentos fundamentais.

2.6.4 Dispositivos de Bloqueio

O quarto ponto a ser analisado nas instalações elétricas é a existência de dispositivos de bloqueio mecânico nos dispositivos de manobra e seccionamento.

A norma regulamentadora nº 10 (NR-10) do MTE em seu item 10.5.1.b estabelece que as instalações elétricas somente são consideradas desenergizadas e liberadas para trabalho, as instalações onde são realizados os procedimentos apropriados, sendo o impedimento de reenergização um deles. Já o item 10.7.7 cita que as intervenções em instalações elétricas energizadas em alta tensão somente podem ser realizadas mediante a desativação, também conhecida como bloqueio, dos conjuntos e dispositivos de religamento automático do circuito, sistema e equipamento.

A norma técnica NBR 14039/2005 da ABNT em seu item 5.7.7 informa os equipamentos empregados com o propósito de isolamento devem ser providos de dispositivos elétricos e/ou mecânicos apropriados. Para equipamentos que são operados manualmente (caso dos disjuntores e chaves seccionadoras), os mesmos devem permitir travamento mecânico para evitar seu religamento.

A norma técnica NBR 5410/2005 da ABNT em seu item 5.6.3.2 informa devem ser revistas medidas adequadas para impedir a energização inadvertida de qualquer equipamento.

A existência de dispositivos de bloqueio nos dispositivos de manobra e seccionamento é de Extrema importância para a segurança dos profissionais que realizam intervenções em

instalações elétricas e evitam a manobra destes equipamentos inadvertidamente, evitando riscos à vida dos profissionais.

2.6.5 Intertravamento Mecânico/Elétrico

O quinto ponto a ser analisado nas instalações elétricas é a existência de intertravamentos elétricos ou mecânicos.

A norma técnica NBR 14039/2005 da ABNT em seu item 5.9 informa os dispositivos que podem gerar arcos elétricos durante a sua operação devem ser selecionados e instalados de forma a garantir a segurança dos profissionais que realizam atividades nas instalações elétricas, sendo uma das medidas para garantir a proteção dos profissionais a utilização de sistemas de intertravamento.

A norma técnica COPEL NTC 903100/2013 em seus itens 5.1.10 e 5.1.11 informa os disjuntores e chaves seccionadoras devem ser providos de intertravamento mecânico.

A existência de intertravamentos nas instalações elétricas garante que as operações de energização e desenergização sejam realizadas na sequência correta, evitando riscos à vida dos profissionais gerados por erros na realização dos procedimentos.

2.6.6 Sinalização de Advertência (Chave Seccionadora)

O sexto ponto a ser analisado nas instalações elétricas é a existência de sinalização de segurança, para advertência dos profissionais quanto a manobra da chave seccionadora sob carga.

A norma técnica COPEL NTC 903100/2013 em seu item 5.3.1.2.1 informa que próximo aos dispositivos de operação das chaves seccionadoras sem carga, devem ser instaladas placas de advertência com os dizeres “Esta chave não pode ser manobrada com carga”.

A norma regulamentadora nº 10 (NR-10) do MTE em seu item 10.10.1 estabelece que as instalações elétricas devem possuir sinalizações adequadas de segurança, destinadas a advertência e identificação.

A existência de destas sinalizações tem por objetivo advertir aos profissionais quanto aos riscos da abertura da chave seccionadora sob carga, visto que nessas condições, este procedimento pode gerar arcos elétricos, gerando riscos à vida dos profissionais.

2.6.7 Dispositivo de Parada de Emergência

O sétimo ponto a ser analisado nas instalações elétricas é a existência de dispositivo de parada e emergência nas subestações de energia.

A norma técnica NBR 14039/2005 da ABNT em seu item 4.1.5.1 informa que se for necessário, em caso de perigo, desenergizar um circuito, deve ser instalado um dispositivo de desligamento de emergência, facilmente identificável e rapidamente manobrável.

A existência deste dispositivo é de extrema importância em casos de emergência, como por exemplo, incêndios na instalação. Com o dispositivo de parada de emergência, pode-se desenergizar a instalação elétrica por meio de um botão de emergência remotamente às subestações, evitando assim riscos adicionais aos profissionais.

2.6.8 Iluminação de Emergência

O oitavo ponto a ser analisado nas instalações elétricas é a existência de iluminação de emergência nas subestações de energia.

A norma técnica NBR 14039/2005 da ABNT em seu item 9.2.1.3 informa que as subestações de energia devem ser providas de iluminação de segurança, com autonomia mínima de 2 horas.

A norma técnica COPEL NTC 903100/2013 em seu item 5.4.2.1.t informa as cabines deverão ser providas de iluminação de emergência com autonomia mínima de 2 horas, para possibilitar serviços de manutenção e atendimento.

A norma regulamentadora nº 10 (NR-10) do MTE em seu item 10.4.1 estabelece deve ser garantida ao trabalhador iluminação adequada, incluindo neste caso, situações de emergência.

A existência de iluminação de emergência nas subestações possibilita iluminamento mínimo para realização de atividades durante quedas de energia (ausência de tensão),

manutenção dos equipamentos e realização de procedimentos durante situações de emergência.

2.6.9 Sinalização e Dispositivo de Abertura (Porta de Entrada)

O nono ponto a ser analisado nas instalações elétricas é a existência de sinalização e dispositivo de abertura antipânico na porta de entrada das subestações.

A norma técnica NBR 14039/2005 da ABNT em seu item 8.1.4 informa que os acessos de entrada e saída aos locais de manutenção devem ser desobstruídos, sendo obrigatória a sinalização adequada que impossibilite a entrada de pessoas inadvertidas. Já o item 9.2.2 informa que as portas devem ser metálicas, com dimensões mínimas de 0,80 m x 2,10 m, devem possuir abertura para fora da subestação e permitir abertura no seu interior por simples pressão do corpo (dispositivo antipânico).

A norma técnica COPEL NTC 903100/2013 em seu item 5.4.2.1.1 informa as cabines deverão ser providas de sinalização de advertência com os dizeres “Perigo de morte – alta tensão”, nas portas de acesso

A norma regulamentadora nº 10 (NR-10) do MTE em seu item 10.10.1 estabelece que as instalações elétricas deverão possuir sinalização adequada de segurança, destinada a advertência e identificação.

A existência de sinalização tem o objetivo de advertência quanto aos riscos existentes na instalação, já o dispositivo antipânico tem por objetivo facilitar a saída dos profissionais da subestação em caso de emergência.

2.6.10 Equipamentos de Proteção Individual e Coletiva

O décimo ponto a ser analisado nas instalações elétricas é a existência de equipamentos de proteção individual e coletiva no interior da subestação de energia.

A norma técnica NBR 14039/2005 da ABNT em seu item 5.7.1 informa que os equipamentos de proteção utilizados pelos trabalhadores são no mínimo os seguintes: capacetes, óculos de segurança, luvas, detector de tensão, botas e estrado ou tapete isolante;

A norma regulamentadora nº 10 (NR-10) do MTE em seus itens 10.2.8 e 10.2.9 estabelece que devem ser utilizadas medidas e equipamentos para proteção coletiva dos profissionais, e em casos em que as medidas de proteção coletiva forem tecnicamente inviáveis ou insuficientes, devem ser utilizados adotados os equipamentos de proteção individual.

A existência dos equipamentos de proteção coletiva e individual no interior da subestação facilita a utilização dos mesmos pelos profissionais em atividades de emergência.

2.6.11 Resumo dos Itens Verificados

O Quadro 1 apresenta de forma resumida os itens a serem verificados nos relatórios de manutenção preventiva das instalações elétricas.

RESUMO DOS ITENS DE VERIFICAÇÃO		
Item	Verificação da Instalação	Referência Normativa
1	O projeto elétrico (diagrama unifilar) encontra-se disponível na subestação de energia?	NR 10/2016 - item 10.3.7
2	A instalação elétrica possui identificação dos circuitos (TAG/COR)?	NR 10/2016 - item 10.10.1.b NBR 14039/2005 - item 6.1.5.3.6 NBR 5410/2005 - item 6.1.5.3 NTC 903100/2013 - item 5.1.14.i
3	A instalação possibilita a instalação de aterramento temporário ou os equipamentos de seccionamento possuem dispositivos fixos de equipotencialização e aterramento?	NR 10/2016 - item 10.3.6
4	Os dispositivos de manobra e seccionamento (chave seccionadora e disjuntor) possuem dispositivo de bloqueio mecânico (Kirk/Lockout)?	NR 10/2016 - itens 10.5.1.b e 10.7.7 NBR 14039/2005 - item 5.7.7 NBR 5410/2005 - item 5.6.3.2
5	Os dispositivos de manobra e seccionamento (chave seccionadora e disjuntor) possuem intertravamento mecânico/elétrico?	NBR 14039/2005 - item 5.9 NTC 903100/2013 - itens 5.1.10 e 5.1.11
6	Próximo aos dispositivos de operação das chaves seccionadoras (punho de acionamento) existe sinalização de advertência?	NR 10/2016 - item 10.10.1 NTC 903100/2013 - item 5.3.1.2.1
7	A subestação possui dispositivo de parada de emergência?	NBR 14039/2005 - item 4.1.5.1
8	A subestação de energia possui iluminação de emergência?	NBR 14039/2005 - item 9.2.1.3 NTC 903100/2013 - itens 5.4.2.1.t NR 10/2016 - item 10.4.1
9	A porta de entrada da subestação possui sinalização de advertência e dispositivo de abertura antipânico?	NBR 14039/2005 - itens 8.1.4 e 9.2.2 NTC 903100/2013 - itens 5.4.2.1.1 NR 10/2016 - item 10.10.1
10	Existem EPI's e EPC's disponíveis dentro da subestação?	NBR 14039/2005 - item 5.7.1 NR 10/2016 - itens 10.2.8 e 10.2.9

Quadro 1 – Resumo dos itens de verificação das instalações elétricas.

Fonte: Autoria Própria (2018).

3 METODOLOGIA

Para elaboração do presente trabalho, foram analisados os relatórios de manutenção preventiva em subestações de energia em 13,8 kV realizadas pela empresa GaeSan Engenharia e Consultoria Técnica Ltda.

Neste estudo, foram escolhidas 12 instalações elétricas atendidas em tensão primária de distribuição (13,8 kV) pela concessionária de energia COPEL, sendo as mesmas localizadas no estado do Paraná. As instalações a serem estudadas foram escolhidas por tipo, sendo 03 instalações elétricas industriais, 03 instalações elétricas de condomínios empresariais, 03 instalações elétricas de hospitais e 03 instalações elétricas de *shopping centers*.

As instalações elétricas serão caracterizadas neste estudo por seu tipo, sendo designada uma numeração de identificação para cada uma das mesmas.

O Quadro 2 apresenta os dados resumidos referentes às empresas do ramo industrial analisadas.

Características	Instalação Industrial 1	Instalação Industrial 2	Instalação Industrial 3
Tipo	Industrial	Industrial	Industrial
Ramo de Atuação	Componentes Automotivos	Componentes Automotivos	Fábrica de Ração
Concessionária de Energia	COPEL	COPEL	COPEL
Número de Subestações	1	6	1
Tipo das Subestações	Cabine em Alvenaria	Cabines em Alvenaria	Cabine Metálica

Quadro 2 – Características das instalações industriais.

Fonte: Autoria Própria (2018).

O Quadro 3 apresenta os dados resumidos referentes aos condomínios empresariais analisados.

Características	Instalação Empresarial 1	Instalação Empresarial 2	Instalação Empresarial 3
Tipo	Condomínio Empresarial	Condomínio Empresarial	Condomínio Empresarial
Ramo de Atuação	Locação de Escritórios	Locação de Escritórios	Locação de Escritórios
Concessionária de Energia	COPEL	COPEL	COPEL
Número de Subestações	2	1	1
Tipo das Subestações	Cabines em Alvenaria	Cabine em Alvenaria	Cabine em Alvenaria

Quadro 3 – Características dos condomínios empresariais
Fonte: Autoria Própria (2018).

O Quadro 4 apresenta os dados resumidos referentes as instalações hospitalares analisadas.

Características	Instalação Hospitalar 1	Instalação Hospitalar 2	Instalação Hospitalar 3
Tipo	Instalação Hospitalar	Instalação Hospitalar	Instalação Hospitalar
Ramo de Atuação	Atendimento Hospitalar	Atendimento Hospitalar	Atendimento Hospitalar
Concessionária de Energia	COPEL	COPEL	COPEL
Número de Subestações	3	6	1
Tipo das Subestações	Cabines em Alvenaria	Cabines em Alvenaria e Semi enterradas	Cabine em Alvenaria

Quadro 4 – Características das instalações hospitalares.
Fonte: Autoria Própria (2018).

O Quadro 5 apresenta os dados resumidos referentes aos *shoppings centers* analisados.

Características	Shopping Center 1	Shopping Center 2	Shopping Center 3
Tipo	Shopping Center	Shopping Center	Shopping Center
Ramo de Atuação	Shopping (Pequeno Porte)	Shopping (Grande Porte)	Shopping (Grande Porte)
Concessionária de Energia	COPEL	COPEL	COPEL
Número de Subestações	1	2 (Condomínio)	5 (Condomínio)
Tipo das Subestações	Cabine Semienterrada	Cabines em Alvenaria	Cabine em Alvenaria

**Quadro 5 – Características da instalação dos *shoppings centers*.
Fonte: Autoria Própria (2018).**

3.1 ESCOLHA DOS ITENS A SEREM VERIFICADOS

Com base nos relatórios de manutenção preventiva das subestações de energia referentes às instalações citadas no capítulo 3, foram escolhidos 10 itens ligados a realização de manobras de energização e desenergização, presentes em normas regulamentadores, normas técnicas e normas técnicas da concessionária de energia COPEL, conforme apresentado no Quadro 1 do capítulo 2.

Essa escolha baseou-se no procedimento de energização e desenergização de instalações elétricas, sendo escolhidos itens das subestações que estão intimamente ligados a este processo e que podem gerar acidentes de trabalho.

3.1.1 Aplicação da Verificação às Instalações Escolhidas

Após o levantamento dos itens relacionados à segurança do trabalho no procedimento de desenergização e energização, foram verificados os relatórios de manutenção das instalações elétricas apresentadas afim de verificar as conformidade e desconformidades existentes nas mesmas. Posteriormente foram sugeridas ações corretivas com base em normas regulamentadoras, normas técnicas, normas técnicas da concessionária de energia COPEL e experiência técnica operacional.

4 ANÁLISE DOS RESULTADOS DO ESTUDO

Após a verificação dos relatórios de manutenção preventiva e análise dos dados conforme os critérios estabelecidos no capítulo 3, foram verificadas as conformidades e desconformidades das instalações elétricas que fazem parte deste estudo. Para cada instalação elétrica, foi elaborado um Quadro de análise de dados para cada item de segurança relacionado aos componentes da instalação.

4.1 VERIFICAÇÃO DAS INSTALAÇÕES ELÉTRICAS

Com base nos itens apresentados no Quadro 1 do capítulo 2, foram analisados os relatórios de manutenção preventiva das instalações elétricas com o objetivo de verificar os itens em conformidade e desconformidade em relação aos critérios pré-estabelecidos.

4.1.1 Instalações Elétricas Industriais

Após a verificação dos relatórios de manutenção preventiva das instalações elétricas, referentes às instalações elétricas industriais, foram verificadas as conformidades e desconformidades apresentadas no Quadro 6.

INSTALAÇÕES INDUSTRIAIS				
Item	Verificação da Instalação	INDUSTRIAL 1	INDUSTRIAL 2	INDUSTRIAL 3
		(Encontra-se em Conformidade?)	(Encontra-se em Conformidade?)	(Encontra-se em Conformidade?)
1	O projeto elétrico (diagrama unifilar) encontra-se disponível na subestação de energia?	Não	Não	Não
2	A instalação elétrica possui identificação dos circuitos (TAG/COR)?	Não	Não	Não
3	A instalação possibilita a instalação de aterramento temporário ou os equipamentos de seccionamento possuem dispositivos fixos de equipotencialização e aterramento?	Sim	Sim	Sim
4	Os dispositivos de manobra e seccionamento (chave seccionadora e disjuntor) possuem dispositivo de bloqueio mecânico (Kirk/Lockout)?	Sim	Sim	Sim
5	Os dispositivos de manobra e seccionamento (chave seccionadora e disjuntor) possuem intertravamento mecânico/elétrico?	Não	Sim	Não

Quadro 6 – Análise das instalações elétricas industriais.

Fonte: Autoria Própria (2018).

INSTALAÇÕES INDUSTRIAIS				
Item	Verificação da Instalação	INDUSTRIAL 1	INDUSTRIAL 2	INDUSTRIAL 3
		(Encontra-se em Conformidade?)	(Encontra-se em Conformidade?)	(Encontra-se em Conformidade?)
6	Próximo aos dispositivos de operação das chaves seccionadoras (punho de acionamento) existe sinalização de advertência?	Não	Sim	Sim
7	A subestação possui dispositivo de parada de emergência?	Não	Não	Não
8	A subestação de energia possui iluminação de emergência?	Não	Sim	Sim
9	A porta de entrada da subestação possui sinalização de advertência e dispositivo de abertura antipânico?	Não	Sim	Sim
10	Existem EPI's e EPC's disponíveis dentro da subestação?	Não	Sim	Não

Quadro 6 – Análise das instalações elétricas industriais (continuação).

Fonte: Autoria Própria (2018).

Com base no Quadro 6, pode-se verificar que para a instalação elétrica industrial 1 somente dois itens verificados encontram-se em conformidade, deste modo, tem-se um alto risco à vida dos profissionais na realização das manobras de energização e desenergização.

Verificou-se que a instalação possui os dispositivos de bloqueio, mas os mesmos não se encontram intertravados, deste modo, existe o risco de realização das manobras na sequência errada. Pode-se verificar também que a chave seccionadora não possui sinalização de advertência (abertura sem carga), como pode ser verificado por meio da figura 28.



Figura 28 – Entrada – Instalação industrial 1.

Fonte: Acervo do Autor (2018).

Cabe salientar que a instalação não possui porta de entrada, como pode ser verificado por meio da figura 29, o que gera um alto risco aos profissionais e pessoas que passam pelo local.



Figura 29– Entrada – Instalação industrial 1.
Fonte: Acervo do Autor (2018).

Destaca-se ainda que, conforme a figura 30 a instalação elétrica não possui iluminação de emergência, gerando risco devido ao baixo iluminamento em situação de emergência e/ou manutenção.



Figura 30– Iluminação de Emergência – Instalação industrial 1.
Fonte: Acervo do Autor (2018).

Para a instalação elétrica industrial 2 somente três itens verificados encontram-se em desconformidade.

Verificou-se que a instalação possui o diagrama unifilar, entretanto o mesmo não está disponível aos profissionais dentro da instalação. Outro ponto verificado foi quanto a

identificação dos circuitos, onde, apesar dos condutores elétricos possuírem identificação por cor, os mesmos não possuem identificação de origem/destino.

Destaca-se ainda que a instalação não possui dispositivo para parada de emergência, sendo necessária a intervenção (realização de manobra) dentro da subestação em casos de emergência.

Ainda com relação à Quadro 6, pode-se verificar que cinco itens verificados se encontram em desconformidade.

Verificou-se que a instalação possui o diagrama unifilar, entretanto o mesmo não está disponível aos profissionais dentro da instalação. Outro ponto em desconformidade foi a verificação de que a instalação possui os dispositivos de bloqueio, mas os mesmos não se encontram intertravados, deste modo, existe o risco de realização das manobras na sequência errada.

Salienta-se que a instalação não possui EPI's e EPC's disponíveis na no interior da subestação, havendo o risco de esquecimento por parte dos profissionais que realizam as atividades. Pode-se também haver o risco de não ser possível realizar as manobras de desenergização durante a emergência devido à não existência dos equipamentos de proteção na subestação.

4.1.2 Condomínio Empresarial

Após a verificação dos relatórios de manutenção preventiva das instalações elétricas, referentes aos condomínios empresariais, foram verificadas as conformidades e desconformidades apresentadas no Quadro 7.

CONDOMÍNIOS EMPRESARIAIS				
Item	Verificação da Instalação	COND. EMP. 1	COND. EMP. 2	COND. EMP. 3
		(Encontra-se em Conformidade?)	(Encontra-se em Conformidade?)	(Encontra-se em Conformidade?)
1	O projeto elétrico (diagrama unifilar) encontra-se disponível na subestação de energia?	Não	Não	Não
2	A instalação elétrica possui identificação dos circuitos (TAG/COR)?	Não	Não	Não

Quadro 7 – Análise dos condomínios empresariais.
Fonte: Autoria Própria (2018).

CONDOMÍNIOS EMPRESARIAIS				
Item	Verificação da Instalação	COND. EMP. 1	COND. EMP. 2	COND. EMP. 3
		(Encontra-se em Conformidade?)	(Encontra-se em Conformidade?)	(Encontra-se em Conformidade?)
3	A instalação possibilita a instalação de aterramento temporário ou os equipamentos de seccionamento possuem dispositivos fixos de equipotencialização e aterramento?	Sim	Sim	Sim
4	Os dispositivos de manobra e seccionamento (chave seccionadora e disjuntor) possuem dispositivo de bloqueio mecânico (Kirk/Lockout)?	Sim	Não	Sim
5	Os dispositivos de manobra e seccionamento (chave seccionadora e disjuntor) possuem intertravamento mecânico/elétrico?	Sim	Não	Não
6	Próximo aos dispositivos de operação das chaves seccionadoras (punho de acionamento) existe sinalização de advertência?	Sim	Sim	Não
7	A subestação possui dispositivo de parada de emergência?	Não	Não	Não
8	A subestação de energia possui iluminação de emergência?	Sim	Sim	Sim
9	A porta de entrada da subestação possui sinalização de advertência e dispositivo de abertura antipânico?	Sim	Sim	Sim
10	Existem EPI's e EPC's disponíveis dentro da subestação?	Não	Não	Não

Quadro 7 – Análise dos condomínios empresariais (continuação).
Fonte: Autoria Própria (2018).

Com base no Quadro 7, pode-se verificar que para o condomínio empresarial 1 somente quatro itens verificados encontram-se em desconformidade.

Verificou-se que a instalação possui o diagrama unifilar, entretanto o mesmo não está disponível aos profissionais dentro da instalação. Outro ponto verificado foi quanto a identificação dos circuitos, onde, apesar dos condutores elétricos possuírem identificação por cor, os mesmos não possuem identificação de origem/destino.

Destaca-se ainda que a instalação não possui dispositivo para parada de emergência, sendo necessária a intervenção (realização de manobra) dentro da subestação em casos de emergência, e a inexistência de equipamentos de proteção no interior das subestações.

Para o condomínio empresarial 2, pode-se verificar que a instalação possui 6 itens em desconformidade.

O ponto maior insegurança nesta instalação encontra-se nos dispositivos de manobra, visto que os mesmos não possuem bloqueios mecânico/elétricos e conseqüentemente os mesmos não se encontram intertravados. Neste caso, podem ocorrer reenergização do circuito com os profissionais realizando as atividades, o que pode ser considerado um grave risco à vida dos mesmos.

Ainda com base no Quadro 7, pode-se verificar que a instalação possui 6 itens em desconformidade.

O ponto maior insegurança nesta instalação encontra-se nos dispositivos de manobra, visto que os mesmos não possuem intertravamento. Neste caso, pode ocorrer realização das manobras de energização e desenergização na sequência errada gerando riscos aos profissionais.

Salienta-se, que nesta instalação foi encontrado o bloqueio mecânico de um disjuntor de baixa tensão instalado de forma incorreta, possibilitando a energização do equipamento mesmo com o bloqueio mecânico na posição de “bloqueio”, conforme pode ser verificado na figura 31.



**Figura 31– Bloqueio Mecânico – Cond. Empresarial 3.
Fonte: Acervo do Autor (2018).**

4.1.3 Instalações Elétricas Hospitalares

Após a verificação dos relatórios de manutenção preventiva das instalações elétricas, referentes às instalações hospitalares, foram verificadas as conformidades e desconformidades apresentadas no Quadro 8.

INSTALAÇÕES HOSPITALARES				
Item	Verificação da Instalação	HOSPITAL 1	HOSPITAL 2	HOSPITAL 3
		(Encontra-se em Conformidade?)	(Encontra-se em Conformidade?)	(Encontra-se em Conformidade?)
1	O projeto elétrico (diagrama unifilar) encontra-se disponível na subestação de energia?	Não	Não	Não
2	A instalação elétrica possui identificação dos circuitos (TAG/COR)?	Não	Não	Não
3	A instalação possibilita a instalação de aterramento temporário ou os equipamentos de seccionamento possuem dispositivos fixos de equipotencialização e aterramento?	Sim	Sim	Sim
4	Os dispositivos de manobra e seccionamento (chave seccionadora e disjuntor) possuem dispositivo de bloqueio mecânico (Kirk/Lockout)?	Não	Sim	Sim
5	Os dispositivos de manobra e seccionamento (chave seccionadora e disjuntor) possuem intertravamento mecânico/elétrico?	Não	Sim	Sim
6	Próximo aos dispositivos de operação das chaves seccionadoras (punho de acionamento) existe sinalização de advertência?	Sim	Sim	Sim
7	A subestação possui dispositivo de parada de emergência?	Não	Não	Não
8	A subestação de energia possui iluminação de emergência?	Não	Não	Sim
9	A porta de entrada da subestação possui sinalização de advertência e dispositivo de abertura antipânico?	Sim	Sim	Sim
10	Existem EPI's e EPC's disponíveis dentro da subestação?	Não	Não	Não

Quadro 8 – Análise das instalações hospitalares.
Fonte: Autoria Própria (2018).

Com base no Quadro 8, pode-se verificar que a instalação hospitalar 1 possui 7 itens em desconformidade.

O ponto maior insegurança nesta instalação encontra-se nos dispositivos de manobra, visto que os mesmos não possuem bloqueios mecânico/elétricos e consequentemente os mesmos não se encontram intertravados, gerando riscos conforme citado anteriormente.

Salienta-se ainda, a quantidade de desconformidade, visto que uma instalação elétrica hospitalar tem um alto nível de criticidade, para o caso de falta de energia.

Para o hospital 2 pode-se verificar que a instalação possui 5 itens em desconformidade.

Verificou-se que nesta instalação, além dos condutores elétricos não possuírem identificação origem/destino, os mesmos não possuem identificação por cor, conforme pode ser verificado por meio da figura 32.



**Figura 32– Identificação dos Condutores – Inst. Hospitalar 2.
Fonte: Acervo do Autor (2018).**

Ainda com base no Quadro 8, pode-se verificar que a instalação possui 4 itens em desconformidade.

Pode-se verificar que o item de maior risco a segurança dos profissionais, nesta instalação é a inexistência de um dispositivo de parada de emergência, conforme salientado anteriormente. Entretanto, esta instalação possui o menor número de desconformidades em relação às instalações hospitalares.

4.1.4 *Shopping Centers*

Após a verificação dos relatórios de manutenção preventiva das instalações elétricas, referentes aos *shopping centers*, foram verificadas as conformidades e desconformidades apresentadas no Quadro 9.

SHOPPING CENTERS				
Item	Verificação da Instalação	S. CENTER 1	S. CENTER 2	S. CENTER 3
		(Encontra-se em Conformidade?)	(Encontra-se em Conformidade?)	(Encontra-se em Conformidade?)
1	O projeto elétrico (diagrama unifilar) encontra-se disponível na subestação de energia?	Não	Não	Sim
2	A instalação elétrica possui identificação dos circuitos (TAG/COR)?	Não	Não	Não
3	A instalação possibilita a instalação de aterramento temporário ou os equipamentos de seccionamento possuem dispositivos fixos de equipotencialização e aterramento?	Sim	Sim	Sim
4	Os dispositivos de manobra e seccionamento (chave seccionadora e disjuntor) possuem dispositivo de bloqueio mecânico (Kirk/Lockout)?	Sim	Sim	Sim
5	Os dispositivos de manobra e seccionamento (chave seccionadora e disjuntor) possuem intertravamento mecânico/elétrico?	Sim	Não	Sim
6	Próximo aos dispositivos de operação das chaves seccionadoras (punho de acionamento) existe sinalização de advertência?	Sim	Não	Sim
7	A subestação possui dispositivo de parada de emergência?	Não	Não	Não
8	A subestação de energia possui iluminação de emergência?	Não	Não	Sim
9	A porta de entrada da subestação possui sinalização de advertência e dispositivo de abertura antipânico?	Sim	Sim	Sim
10	Existem EPI's e EPC's disponíveis dentro da subestação?	Não	Sim	Sim

Quadro 9 – Análise dos *shopping centers*.

Fonte: Autoria Própria (2018).

Com base no Quadro 9, pode-se verificar que a instalação do *shopping center 1* possui 5 itens em desconformidade.

Pode-se verificar que o item de maior risco a segurança dos profissionais, nesta instalação é a inexistência de um dispositivo de parada de emergência, conforme salientado anteriormente. Pode-se salientar ainda sendo uma instalação de pequeno porte, a mesma possui poucas deficiências se comparada com as demais analisadas neste estudo.

Para o *shopping center 2*, pode-se verificar que a instalação possui 6 itens em desconformidade.

Pode-se verificar a instalação elétrica possui dispositivos de bloqueio, entretanto, a mesma não possui intertravamento dos dispositivos de manobra e seccionamento, gerando o risco de execução de manobras na sequência errada. Outro ponto a ser salientado é a inexistência de sinalização de advertência nos dispositivos de operação das chaves seccionadoras, sendo que sem dispositivos de intertravamento e devido às grandes cargas alimentadas por *shoppings centers*, o risco de abertura com carga e geração do arco elétrico é alto.

Ainda com base no Quadro 9, pode-se verificar que a instalação possui apenas 2 itens em desconformidade, sendo a instalação com menor número de desconformidades.

Verificou-se que a instalação não possui dispositivo de parada de emergência nas subestações, gerando riscos na realização de manobras de desenergização durante situações de emergência. Constatou-se também que os condutores elétricos, apesar de possuírem identificação por cor, não possuem identificação dos circuitos.

Salienta-se ainda que o *shopping center 3* foi a única instalação verificada neste estudo, que possui o diagrama unifilar da instalação disponível dentro das subestações.

4.2 ANÁLISE DAS DESCONFORMIDADES POR INSTALAÇÃO

Analisando todas as conformidades e desconformidade apresentadas na seção 4.1 e verificando as Quadros de análise dos dados, foram verificadas as quantidades de conformidades e desconformidades por instalação elétrica que faz parte deste estudo. Os dados desta análise podem ser verificados por meio do Quadro 10.

Item	Instalação	Quantidade de Conformidades	Quantidade de Desconformidades	Porcentagem de Conformidades	Porcentagem de Desconformidades
1	Indústria 1	2	8	20,00%	80,00%
2	Indústria 2	7	3	70,00%	30,00%
3	Indústria 3	5	5	50,00%	50,00%

4	Condomínio Empresarial 1	6	4	60,00%	40,00%
5	Condomínio Empresarial 2	4	6	40,00%	60,00%
6	Condomínio Empresarial 3	4	6	40,00%	60,00%
7	Hospital 1	3	7	30,00%	70,00%

Quadro 10 – Análise de dados por instalação.

Fonte: Autoria Própria (2018).

Item	Instalação	Quantidade de Conformidades	Quantidade de Desconformidades	Porcentagem de Conformidades	Porcentagem de Desconformidades
8	Hospital 2	5	5	50,00%	50,00%
9	Hospital 3	6	4	60,00%	40,00%
10	Shopping Center 1	5	5	50,00%	50,00%
11	Shopping Center 2	4	6	40,00%	60,00%
12	Shopping Center 3	8	2	80,00%	20,00%

Quadro 10 – Análise de dados por instalação (continuação).

Fonte: Autoria Própria (2018).

Por meio do Quadro 10, verifica-se que a instalação com maior número de desconformidades foi a indústria 1, sendo que 80% dos itens verificados não foram atendidos. Por outro lado, o *shopping center* 3 foi a instalação analisada com menor número de desconformidade, sendo que apenas 20% dos itens verificados não foram atendidos. As demais instalações tiveram entre 30% a 70% de desconformidades, sendo na média, 51% de desconformidades.

Salienta-se ainda, que por tipo de instalação analisada, as instalações industriais, hospitalares e condomínios empresariais possuem uma média de 53,33% de desconformidades, enquanto os *shopping centers* analisados possuem 43,33% de desconformidades.

4.3 ANÁLISE DAS DESCONFORMIDADES POR ITEM

Analisando todas as conformidades e desconformidade apresentadas na seção 4.1 e verificando as Quadros de análise dos dados, foram verificadas as quantidades de conformidades e desconformidades por item analisado deste estudo. Os dados desta análise podem ser verificados por meio do Quadro 11.

Item	Verificação	INSTALAÇÕES ANALISADAS			
		Conformidade (Quantidade)	Desconformidades (Quantidade)	Conformidade (%)	Desconformidade (%)
1	Projeto elétrico	1	11	8,33%	91,67%
2	Identificação dos circuitos	0	12	0,00%	100,00%
3	Aterramento temporário	12	0	100,00%	0,00%

Quadro 11 – Análise de dados por item.

Fonte: Autoria Própria (2018).

Item	Verificação	INSTALAÇÕES ANALISADAS			
		Conformidade (Quantidade)	Desconformidades (Quantidade)	Conformidade (%)	Desconformidade (%)
4	Bloqueio mecânico	10	2	83,33%	16,67%
5	Intertravamento mecânico e elétrico.	6	6	50,00%	50,00%
6	Sinalização (chave seccionadora).	9	3	75,00%	25,00%
7	Dispositivo de parada de emergência	0	12	0,00%	100,00%
8	Iluminação de emergência	7	5	58,33%	41,67%
9	Sinalização e dispositivo de abertura (porta)	11	1	91,67%	8,33%
10	EPI's/EPC's	3	9	25,00%	75,00%

Quadro 11 – Análise de dados por item (continuação).

Fonte: Autoria Própria (2018).

Por meio do Quadro 11, verifica-se que a instalação que as desconformidades comuns à todas às instalações elétricas analisadas são referentes aos itens 1 (identificação dos circuitos e condutores elétricos) e 7 (dispositivo de parada de emergência). Do mesmo modo, a conformidade comum à todas as instalações elétricas analisadas é a existência de ponto para conexão do aterramento temporário ou dispositivo com equipotencialização e aterramentos incorporados.

Salienta-se que apenas uma instalação não possui sinalização de advertência na porta e/ou dispositivo de abertura antipânico. Da mesma forma, somente uma instalação possui o projeto elétrico disponível no interior da subestação.

Quanto à existência de intertravamentos, que possibilitam a segurança na execução do procedimento de desenergização em uma ordem correta, verificou-se que 50% das instalações possuem este item, sendo que 4 instalações possuem os dispositivos de bloqueios,

entretanto os mesmos não se encontram intertravados. Salienta-se ainda que foram encontrados dispositivos de bloqueio instalados de forma errada, podendo ser burlados facilmente.

4.4 SUGESTÕES DE ADEQUAÇÃO

Para os itens analisados na seção 4.1, sugerem-se as seguintes ações corretivas descritas nos itens 4.4.1 ao 4.4.10 nas instalações onde foram identificadas as desconformidades.

4.4.1 Diagrama Unifilar

Para esta ação corretiva, orienta-se a aquisição de um quadro (moldura) com o projeto elétrico (diagrama unifilar) impresso, a ser instalado na parede das subestações de modo a possibilitar a consulta por parte dos profissionais que estiverem executando as atividades.

4.4.2 Identificação dos Circuitos

Para esta ação corretiva, orienta-se a identificação por cor dos condutores elétricos e instalação de anilha com identificação do circuito elétricos (origem/destino) conforme definição do projeto elétrico.

4.4.3 Aterramento Temporário

Para este item não foram identificadas desconformidades, entretanto, salienta-se que algumas instalações possuem dispositivos de seccionamento com dispositivos fixos de equipotencialização e aterramento, cujo aterramento é realizado no circuito à montante do dispositivo. Nestas situações, caso a instalação elétrica possua ligação em anel, pode-se aterrar um circuito energizado provocando curto-circuito trifásico (fase-terra). Para estes casos, orienta-se a instalação de sinalização de advertência e dispositivo de bloqueio do acionamento do aterramento, conforme a figura 33.



Figura 33– Sinalização e dispositivo de bloqueio da chave de aterramento.
Fonte: Acervo do Autor (2018).

4.4.4 Dispositivos de Bloqueio

Para esta ação corretiva, orienta-se a instalação de bloqueio mecânico (*Kirk/lockout*) nos disjuntores de média tensão, chaves seccionadoras de média tensão e disjuntores gerais de baixa tensão, de modo a impedir o religamento dos circuitos com os profissionais realizando as atividades.

Salienta-se que é importante a correta instalação do dispositivo, pois nas instalações analisadas, foram encontrados equipamentos com dispositivos de bloqueio instalados de forma errada, podendo ser burlados facilmente.

4.4.5 Intertravamento Mecânico/Elétrico

Para o item 5, orienta-se a instalação de intertravamento dos dispositivos de bloqueio pertencentes à equipamentos de manobra e seccionamento do mesmo circuito elétrico, de modo a somente possibilitar a execução de manobras na sequência correta de desenergização.

4.4.6 Sinalização de Advertência (Chave Seccionadora)

Para esta ação corretiva, orienta-se a instalação de sinalização de advertência próximo aos dispositivos de operação das chaves seccionadoras (punhos de acionamento), conforme instruções normativas.

4.4.7 Dispositivo de Parada de Emergência

Para esta ação corretiva, desconformidade encontrada em todas as instalações, orienta-se a instalação de um botão de emergência para desligamento remoto das subestações em casos de emergência.

4.4.8 Iluminação de Emergência

Para esta ação corretiva, orienta-se a instalação de iluminação de emergência no interior das subestações (cabines em alvenaria) e externamente às cabines metálicas e semienterradas.

4.4.9 Sinalização e Dispositivo de Abertura (Porta de Entrada)

Para esta ação corretiva, orienta-se a instalação de sinalizações de advertência nas portas de acesso as subestações e instalação de dispositivo de abertura antipânico para situações de emergência.

4.4.10 Equipamentos de Proteção Individual e Coletiva

Para esta ação corretiva, orienta-se a instalação de um armário no interior da subestação para armazenamento dos EPI's e EPC's utilizados nas manobras de energização e desenergização. Salienta-se que se deve observar quanto aos ensaios periódicos dos equipamentos, de modo a garantir a operacionalidade dos mesmos.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

5.1 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste trabalho, foram analisados os riscos relacionados a segurança do trabalho na execução dos procedimentos de desenergização e energização de subestações atendidas em 13,8 kV. Foram estudados os dispositivos, procedimentos, itens normativos e equipamentos de proteção utilizados na realização das manobras de desenergização e energização das instalações elétricas.

Com base na análise dos relatórios de manutenção preventiva, foram identificados os dispositivos relacionados às operações de desenergização das subestações analisadas. Por meio dos relatórios de manutenção, foi verificada a existência de dispositivos, procedimentos e sinalização para realização das operações com segurança. Constatou-se que a instalação industrial 1 apresentou desconformidades em 80 % dos itens analisados, sendo a instalação que possui o maior número de deficiências encontradas. Outrossim, a instalação elétrica do *shopping center 3*, apresentou desconformidades em apenas 20 % dos itens analisados, sendo a instalação que possui o menor número de deficiências.

Observou-se ainda que as instalações analisadas possuem em comum desconformidades em relação à identificação dos circuitos e condutores elétricos, bem como deficiência em relação à existência de dispositivos de parada de emergência. Verificou-se que apenas a instalação elétrica do *shopping center 3* possui o projeto elétrico (diagrama unifilar) disponível para consulta no interior da subestação, entretanto, observou-se ainda que as instalações elétricas analisadas possuem local adequado para instalação de aterramento temporário ou dispositivos com aterramento incorporado.

Com base nas deficiências encontradas, foram orientadas as ações corretivas pertinentes a cada um dos itens analisados. Foram ainda indicadas melhorias, como a sinalização e dispositivo de bloqueio para instalações elétricas com ligação em anel.

Por meio dos dados obtidos, pode-se verificar que além dos treinamentos dos profissionais envolvidos em operações de desenergização e desenergização e existência de procedimentos específicos para a atividade, faz-se necessária a existência de dispositivos e sinalização de segurança, visando a mitigação do risco envolvendo o erro humano, afim de garantir a saúde e segurança dos trabalhadores envolvidos no processo

REFERÊNCIAS

ABB. **Emax 2 – O disjuntor aberto inteligente de baixa tensão, acessório: bobina de abertura e fechamento – YO / YC / YO2 / YC2.** Disponível em: <<https://library.e.abb.com/public/aaeab5d9097533d283257de3004e53e7/Guia%20Emax%20%20-%20Bobina%20de%20Abertura%20e%20Fechamento%20-%20YO-YC.pdf>>. Acesso em: 22/01/2018.

ABRAMAN. **Apostila de equipamentos, seccionamento e comutação,** Rio de Janeiro, RJ, 2006.

ABNT. **NBR 14039: Instalações elétricas de média tensão de 1,0 kV a 36,2 kV.** Rio de Janeiro, p. 87. 2005

ABNT. NBR 10898: **Sistema de iluminação de emergência.** Rio de Janeiro, p. 38. 2013

ABRACOPEL. **Anuário estatístico brasileiro dos acidentes de origem elétrica – Ano base 2017,** São Paulo, ABRACOPEL, 2018.

ADAM DISTRIBUIDORA. **Conjunto de aterramento temporário.** Disponível em: http://www.adamdistribuidora.com.br/new/img/_timthumb.php?src=http://www.adamdistribuidora.com.br/_upl/produtos/d4821610a753ae2ff5cca4ec92549f9f10307.jpg&w=300&qc=1&q=85>. Acesso em: 23/02/2018.

BRASIL, Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL. **Resolução normativa N° 414 – Estabelece as condições gerais de fornecimento de energia elétrica de forma atualizada e consolidada,** Brasília, DF, 09 de set. de 2010. Disponível em: <<http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2010414.pdf>>. Acesso em: 10/01/2018.

BRASIL, Ministério do Trabalho. **NR-10 – Segurança em instalações e serviços em eletricidade,** Brasília, DF, 29 de abril de 2016. Disponível em: <<http://trabalho.gov.br/images/Documentos/SST/NR/NR10.pdf>>. Acesso em: 10/01/2018.

BRENNER, B. C. Improving Workplace Electrical Safety Through Self-Assessment. **IEEE Electrical Safety Workshop,** p. 163-166, mar. 2013.

CHESF. **Especificações técnicas de capacetes de segurança, suspensão e jugular.** Recife, PE, fev. de 2010. Disponível em: <<http://www5.chesf.gov.br/Anexos/ET%20ABV10-7700.pdf>>. Acesso em: 16/02/2018.

CHESF. **Especificações técnicas de luvas de segurança**. Recife, PE, jan. de 2016. Disponível em: <<http://www5.chesf.gov.br/Anexos/ET-DAST-03.2001-R13.pdf>>. Acesso em: 22/02/2018.

CPNSP. **Curso básico de segurança em instalações e serviços em eletricidade – Manual de treinamento**. São Paulo, SP, 2005. Disponível em: <http://tele.sj.ifsc.edu.br/~pedroarmando/Manual%20NR-10.pdf>>. Acesso em: 05/03/2018.

COPEL. **Norma técnica NTC 903100 – Fornecimento em tensão primária de distribuição**. Curitiba, PR, out. de 2013. Disponível em: <<http://www.copel.com/hpcopel/normas/ntcarquivos.nsf/6ACD0042883FA54D032578DA00606E34/%24FILE/NTC903100.pdf>>. Acesso em: 13/01/2018.

COPEL. **Guia de segurança nas instalações elétricas**. Disponível em: <[http://www.copel.com/hpcopel/root/sitearquivos2.nsf/arquivos/dicas_de_seguranca_nas_instalacoes_eletricas/\\$FILE/pdf_seguranca.pdf](http://www.copel.com/hpcopel/root/sitearquivos2.nsf/arquivos/dicas_de_seguranca_nas_instalacoes_eletricas/$FILE/pdf_seguranca.pdf)>. Acesso em: 17/02/2018.

DINIZ, Antônio Castro. **Manual de auditoria integrado de saúde, segurança e meio ambiente (SSMA)**. 1. ed. São Paulo, Votorantim Metais, 2005.

DUAILIBE; Paulo. **Subestação: Tipos, Equipamentos e Proteção**. Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suskow da Fonseca. Rio de Janeiro, RJ, nov. 1999.

ELECTRON. **Catálogo do Relé de Bloqueio RB-86**. São Paulo, ago. de 2011. Disponível em: <https://electron.com.br/wp/pdfs/CATALOGOS_PT/CATALOGO_RELE_DE_BLOQUEIO.pdf>. Acesso em: 03/02/2018.

EKEL, Petr Iakovlevitch; JÚNIOR, Pyramo Pires da Costa; MAIA, Willian Felipe Silva. Avaliação de Riscos de Subestações para a Prevenção de acidentes: Análise de Fatores Contribuintes. **Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional**. Vitória, v. XLVII, p. 280-291, set. 2016.

ENGELCO. **Montagem de cabines metálicas**. Disponível em: < <http://engelco.com.br/wp-content/uploads/2015/07/subestacao2-1024x578.jpeg>>. Acesso em: 16/01/2018.

FLOYD, H. L. et al. Arc flash hazards and electrical safety program implementation. **Conference Record of the 2005 Industry Applications Conference**, 2005.

FLOYD, H. L. A Systems Safety Approach to Occupational Electrical Safety. **IEEE Cement Industry Technical Conference**., p. 1-17, abril. 2014.

FLUKE. **Detector de Tensão**. Disponível em: http://assets.fluke.com/images/products/voltalert/voltalart_2ac_01_328px_x_220px.jpg>. Acesso em: 24/02/2018b.

GONÇALVES, Luciane Lacerda Gomes; JUNIOR, Guido Cesar Carim; RIGHI, Angela Weber; SAURIN, Tarcisio Abreu. Erros humanos em acidentes de trabalho: um estudo de caso no setor elétrico. **Encontro Nacional de Engenharia de Produção**. São Paulo, v. XXX, p. 1-14, out. 2010.

INMETRO. **Portaria nº 118/2009: Procedimento de fiscalização – Capacete de segurança para uso na indústria**, Brasília, DF, mar. de 2009. Disponível em: <<http://www.inmetro.gov.br/fiscalizacao/treinamento/Capacetes.pdf>>. Acesso em: 16/02/2018.

JÚNIOR, David Pereira Passos. **Manutenção em subestações da universidade de Brasília em conformidade com a NR-10**. 2016. 88 p. Trabalho de Conclusão de Curso – Curso de Graduação em Engenharia Elétrica. Universidade de Brasília, Brasília, 2016.

KALIPSO. **Óculos de proteção – Leopardo**. Disponível em: <http://kalipso.com.br/_up/Guepardo_Incolor.jpg>. Acesso em: 17/02/2018.

LOURO, Miguel Filipe Narciso Minguens. **O Sistema de protecções na perspectiva da segurança de pessoas em redes MT**. 2018. 105 p. Dissertação (Engenharia Electrotécnica e de Computadores). Instituto Superior Técnico, Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa, 2008.

MAMEDE FILHO, João. **Instalações elétricas industriais**. 7. ed. Rio de Janeiro, RJ: LTC, 2007. XVI, 914 p.

MAMEDE FILHO, João. **Manual de equipamentos elétricos**. 3.ed. Rio de Janeiro: LTC, 2005. 778 p.

MECANOTÉCNICA. **Cabine semienterrada**. Disponível em: <<http://mecanotecnicabrasil.com.br/wp-content/uploads/2016/09/Sem-t%C3%ADtulo.png>>. Acesso em: 16/01/2018.

MARDEGAN, Cláudio. **Proteção e Seletividade – Dispositivos de Proteção – Parte 1. O Setor Elétrico** 49ª. ed. São Paulo, Atitude, 2010.

MTE. **Certificado de aprovação – CA nº 27.300**. Disponível em: <<https://consultaca.com/27300/calçado-tipo-botina>>. Acesso em: 17/02/2018a.

MTE. **Certificado de aprovação – CA nº 9.722**. Disponível em: <<https://consultaca.com/ca9722/oculos>>. Acesso em: 17/02/2018b.

MTE. **Manual de auxílio na interpretação e aplicação da NR 10**. Brasília, DF, mar. de 2011. Disponível em: <http://trabalho.gov.br/seguranca-e-saude-no-trabalho/publicacoes-e-manuais/item/download/618_ca1d144452d86448b8dc5cb865a69ade>. Acesso em: 05/03/2018.

ORION. **Catálogo de Isolantes de Borracha**. Disponível em: <http://www.orionsa.com.br/imagens/catalogos/Catalogo_Isolantes_Eletricos_Portugues.pdf>. Acesso em: 22/02/2018.

PROTENGE. **Macacão para eletricistas PROArc® 7**. Disponível em: <<http://www.protenge.com.br/wp-content/uploads/2017/12/Macac%C3%A3o-para-Eletricistas-PROArc%C2%AE-7-Classe-2-Laranja-by-Protenge.jpg>>. Acesso em: 21/02/2018.

QUEIROZ, Alan Rômulo Silva. **Utilização de relés digitais para mitigação dos riscos envolvendo arco elétrico**. 2011. 134 p. Dissertação (Mestrado em Ciências). Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2011.

SEGURIMAX. **Luminária de Emergência**. Disponível em: <http://www.segurimax.com.br/resize/imagecache/fed2c97c642b686067eac94cdf51671.jpeg> . Acesso em: 31/01/2018.

SOLUÇÕES INDUSTRIAIS. **Montagem de Cabines de Alta Tensão**. Disponível em: < http://www.solucoesindustriais.com.br/images/produtos/imagens_10057/p_montagem-de-cabine-de-alta-tensao-2.jpg>. Acesso em: 16/01/2018.

SOUZA, Neemias S.. **Apostila de acionamentos elétricos**. Curso de Eletrotécnica, Instituto Federal do Rio Grande do Norte, nov. de 2009.

SOUZA, Vivaldo Mendes de. **Guia detalha funcionamento de módulo para subestações elétricas e equipamentos**. Revista Proteção, São Paulo, jan. de 2016 Disponível em: < <http://abracopel.org/blog/6432/>>. Acesso em: 31/01/2018.

SOUZA, Vivaldo Mendes de. **Intertravamento mecânico para subestações e equipamentos – Parte 2**. ABRACOPEL, Novo Hamburgo, fev. de 2015. Disponível em: < <http://abracopel.org/blog/6432/>>. Acesso em: 03/02/2018.

VIEIRA, Sebastião Ivone. **Manual de saúde e segurança do trabalho: segurança, higiene e medicina do trabalho**. Vol. 3. São Paulo: LTr, 2005.

TEREX. **Aterramento temporário**. Disponível em: < <http://www.terexutilities.com.br/produtos/ferramentas-para-nr-10/aterrar/aterramento-temporario/>>. Acesso em: 23/02/2018a.

TEREX. **Detector de tensão.** Disponível em:
<<http://www.terexutilities.com.br/produtos/ferramentas-para-nr-10/aterrar/aterramento-temporario/>>. Acesso em: 24/02/2018b.

TEREX. **Vara de manobra.** Disponível em:
<<http://www.terexutilities.com.br/produtos/ferramentas-manutencao-sistemas-eletricos/conjuntos-de-aterramento-e-varas-de-manobra/1-vara-de-manobra-telescopica/>>.
Acesso em: 24/02/2018c.

TOMIYOSHI, Luiz K. **Vestimenta de proteção contra queimaduras por arcos elétricos.**
São Paulo: DuPont do Brasil, 2004.