

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

ANDRÉ CAMILO CAETANO ALVES

**ANÁLISE DE ATENDIMENTO DA NR-10 EM UM PROJETO DE ALIMENTAÇÃO
PARA UMA ESTAÇÃO RÁDIO BASE DE TELEFONIA CELULAR**

CURITIBA

2013

ANDRÉ CAMILO CAETANO ALVES

**ANÁLISE DE ATENDIMENTO DA NR-10 EM UM PROJETO DE ALIMENTAÇÃO
PARA UMA ESTAÇÃO RÁDIO BASE DE TELEFONIA CELULAR**

Monografia apresentada para obtenção do título de Especialista no Curso de Pós Graduação em Engenharia de Segurança do Trabalho, Departamento Acadêmico de Construção Civil - DACOC, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, UTFPR.
Orientador: Prof. Jayme Passos Rachadel.

CURITIBA

2013

ANDRÉ CAMILO CAETANO ALVES

**ANÁLISE DE ATENDIMENTO DA NR-10 EM UM PROJETO DE ALIMENTAÇÃO
PARA UMA ESTAÇÃO RÁDIO BASE DE TELEFONIA CELULAR**

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:

Orientador:

Prof. Esp. Jayme Passos Rachadel

Professor do XXIV CEEEST, UTFPR – Câmpus Curitiba.

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

Departamento Acadêmico de Construção Civil, UTFPR – Câmpus Curitiba.

Curitiba

2013

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

Dedico aos meus pais Haroldo Costa Alves e Sebastiana Caetano Alves que me ensinaram que nada se conquista sem esforço e dedicação e também a minha querida e amada esposa Luciana Felde Caetano Alves e filhos Vinícius e Daniel que compreenderam minha ausência neste período.

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer ao nosso DEUS em primeiro lugar, pois foram muitas horas de dedicação que sem a força que vem dos Céus não teria condições de superar obstáculos para chegar até este momento. Esse DEUS que me ensinou a ter paciência, persistência, me suportou nos momentos tribulados da caminhada e cuidou da minha família enquanto estive longe.

Gostaria também de agradecer a minha amada esposa Luciana Felde que se desdobrou para cuidar dos nossos filhos, Vinícius e Daniel, nestes muitos momentos de ausência; se multiplicou para cuidar do nosso lar e deixou de lado muitos sonhos para que eu pudesse me dedicar inteiramente ao meu sonho e mesmo assim, sempre me recebeu com um sorriso e muito amor.

Agradeço aos professores da UTFPR que agiram com ética e muito fizeram para que o conhecimento fosse passado adiante com clareza e sabedoria; muito do que aprendi com esses senhores será empregado em minha atividade futura para contribuir para um País mais seguro.

Agradeço a empresa que cedeu um dos seus colaboradores para me acompanhar no levantamento dos dados.

Enfim, agradeço a todos que direta ou indiretamente participaram do sucesso desse trabalho.

“Quem planeja e trabalha com dedicação ficará rico; quem quer ficar rico da noite para o dia acabará perdendo o pouco que tem.”

Bíblia Sagrada – Provérbios 13:11

RESUMO

ALVES, André Camilo Caetano. **Título do trabalho:** Análise de atendimento da NR-10 em um projeto de alimentação para uma Estação Rádio Base de telefonia celular. 2013. Número total de folhas 58. Monografia apresentada para obtenção do título de Especialista no Curso de Pós Graduação em Engenharia de Segurança do Trabalho, Departamento Acadêmico de Construção Civil - DACOC, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, UTFPR, 2013.

Este trabalho se originou da necessidade de um estudo referente ao projeto das instalações elétricas para atender as Estações Rádio Base (ERB's) *indoor*, ou seja, ERB's montadas dentro de compartimentos comumente chamados de *container*. Estes *containers* são implantados em sites utilizados por empresas de telefonia celular para abrigar não somente os equipamentos de telecomunicações, como também, equipamentos responsáveis pelo fornecimento de energia elétrica e equipamentos de refrigeração. Tem como objetivo analisar um projeto de implantação de equipamentos de rede elétrica de baixa tensão de 380Vca instalados nestes *containers*. Foram verificadas as instalações dos equipamentos responsáveis pelo fornecimento de energia elétrica, à luz da NR-10, com o intuito de salvaguardar as condições de trabalho no tocante a segurança não somente dos profissionais habilitados para esse tipo de trabalho, bem como, qualquer outro profissional que por ventura exerça quaisquer outras atividades no interior do *container*. Foram realizadas visitas aos locais de trabalho a fim de registrar, através de fotos, o ambiente onde se encontra os equipamentos instalados. Com esses dados, foram verificadas as conformidades e não conformidades com a NR-10 e foram propostas recomendações para a melhoria do ambiente de trabalho. De acordo com o encontrado, pode-se concluir que o ambiente proposto pelos *containers* não estão totalmente preparados para prevenir acidentes com eletricidade.

Palavras-chave: Estação Rádio Base, Projetos, Riscos Elétricos, NR-10.

ABSTRACT

ALVES, André Camilo Caetano. **Title of work:** Analysis of the standard of care NR-10 power on a project for a mobile Radio Base Station. 2013. Total number of sheets 58. Paper presented to obtain the title of Specialist in the Graduate Program in Engineering Safety, Academic Department of Construction - DACOC, Federal Technological University of Paraná, UTFPR, 2013.

This work originated from the need for a study regarding the design of electrical installations to meet the Radio Base Stations (RBS's) indoor, in other words, ERB's mounted inside compartments commonly called container. These containers are deployed at sites used by cell phone companies not only to house telecommunications equipment, but also equipment responsible for providing electricity and refrigeration equipment. Aims to analyze a project of deployment of network equipment electrical low voltage 380VAC installed in these containers. There were installations of equipment responsible for providing electricity, based on NR-10, in order to safeguard the working conditions in terms not only of security professionals for this kind of work, as well as any other professional perchance undertake any other activities inside the container. There were visits to workplaces to record, through pictures, the environment where the equipment installed. With these data, there were the conformities and non-conformities with the NR-10 and proposed to recommendations for improving the work environment. According to findings, it can be concluded that the proposed environment for containers are not fully prepared for preventing accidents with electricity.

Key-words: Base Transceiver Station, Project, Electrical Hazards, NR-10.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Circuito Elétrico Simples.	18
Figura 2 – Percurso da Corrente pelo Corpo Humano.	19
Figura 3 – Sistema Celular Básico	26
Figura 4 - ERB <i>Roof Top Outdoor</i>	27
Figura 5 - ERB <i>Greenfield Indoor (container)</i>	27
Figura 6 – Diagrama Típico do Sistema de Energia CA.	29
Figura 7 – Simbologia.	31
Figura 8 – Esquema TN-S.....	33
Figura 9 – Esquema TN-C.....	33
Figura 10 – Esquema TN-C-S.....	33
Figura 11 – Esquema TT.....	34
Figura 12 – Esquema IT.....	34
Figura 13 – Fluxograma da Metodologia adotada.....	42
Figura 14 – <i>Container</i> normalmente utilizado em telecomunicações.	45
Figura 15 – Compartimento contendo Diagrama Unifilar (QDG).....	46
Figura 16 – Sistema de Aterramento – QDG e Malha Interna.....	46
Figura 17 – Sistema de Aterramento (Equipotencialização).....	47
Figura 18 – Sistema de Aterramento de Entrada e Aterramento do <i>container</i>	47
Figura 19 – Sistema de Combate a Incêndio.	47
Figura 20 – Dispositivos de Proteção.....	48
Figura 21 – Restrição de Acesso aos Circuitos energizados do QDG adequados....	49
Figura 22 – Restrição de Acesso – Informação de Quadro Energizado.....	49
Figura 23 – Restrição de Acesso - bornes das baterias protegidos.	49

Figura 24 – Restrição de Acesso aos Circuitos energizados do QDG inadequados.	50
Figura 25 – Restrição de Acesso – bornes das baterias e fusíveis desprotegidos....	50
Figura 26 – Espaço Interno <i>Container</i>	51
Figura 27 – Identificação de Circuitos Elétricos.....	52
Figura 28 – Sinalização ausente.	52

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Valores aproximados de corrente e os danos que causam.....	19
Tabela 2 – Resistência da pele humana à passagem da corrente elétrica (120V)....	20
Tabela 3 – Resistência da pele humana à passagem da corrente elétrica (380V)....	21
Tabela 4 – Classificação segundo o porte de demanda do consumo de energia.	28
Tabela 5 – Normas Regulamentadoras Complementares.	40
Tabela 6 – Outras Normas Complementares.	41

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANATEL	- Agência Nacional de Telecomunicações
BTS	- <i>Base Tranceiver Station</i>
CA	- Corrente Alternada
CC	- Corrente Contínua
CCC	- Central de Comutação e Controle
ERB	- Estação Rádio Base
GMG	- Grupo Moto Gerador
KVA	- Kilo Volt-Ampere
MTE	- Ministério do Trabalho e Emprego
NBR	- Norma Brasileira Regulamentadora
NR	- Norma Regulamentadora
QDG	- Quadro de Distribuição Geral
SR	- Sistema Retificador
STFC	- Serviço Telefônico Fixo Comutado
UR	- Unidade Retificadora
URCC	- Unidade Retificadora de Corrente Contínua

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	ix
LISTA DE TABELAS	xi
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS	xii
1. INTRODUÇÃO	15
1.1 OBJETIVOS	16
1.1.1 Objetivo Geral	16
1.1.2 Objetivos Específicos	17
2 REFERENCIAL TEÓRICO.....	18
2.1 ELETRICIDADE	18
2.2 EFEITO DA ELETRICIDADE NO CORPO HUMANO	18
2.2.1 Choque Elétrico.....	18
2.2.1.1 Percurso da Corrente Elétrica.....	19
2.2.1.2 Resistência Elétrica do Corpo Humano	20
2.2.1.3 Tetanização	21
2.2.1.4 Parada Respiratória	22
2.2.1.5 Queimadura	22
2.2.1.6 Fibrilação Ventricular	24
2.2.2 Arco Elétrico.....	24
2.3 SISTEMA CELULAR	25
2.3.1 Estação Rádio Base (ERB)	25
2.4 INFRAESTRUTURA DE SISTEMAS DE ENERGIA.....	28
2.4.1 Princípio de Funcionamento.....	28
2.4.2 Fonte de Energia de Entrada	29
2.4.3 Quadro de Distribuição Geral (QDG)	29
2.4.4 Unidades Retificadoras (UR's).....	29
2.4.5 Banco de Baterias.....	30
2.5 ESQUEMA DE ATERRAMENTO	31
2.5.1 Esquema TN	32
2.5.2 Esquema TT.....	33
2.5.3 Esquema IT.....	34

2.5.4	Aterramento Temporário	35
2.5.5	Equipotencialização	35
2.6	NORMAS REGULAMENTADORAS.....	35
2.6.1	NR-10 Segurança em Instalações e Serviços em Eletricidade	35
2.6.2	Normas Complementares	40
3	METODOLOGIA	42
3.1	FASE EXPLORATÓRIA	43
3.2	FASE DESCRITIVA.....	43
3.3	FASE ANALÍTICA.....	43
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES	45
4.1	APRESENTAÇÃO	45
4.2	CONFORMIDADES.....	46
4.3	NÃO CONFORMIDADES.....	50
5	CONCLUSÕES	53
	REFERÊNCIAS.....	54

1. INTRODUÇÃO

No Brasil, mais precisamente no sul do país, os sites mais antigos de telefonia celular, em sua grande maioria, contem ERB's montadas dentro de compartimentos (*indoor*) comumente chamados de *container*, cujo espaço interno é reduzido e preparado prioritariamente para a instalação de equipamentos de telecomunicações, ventilação e alimentação deixando em segundo plano as preocupações com as condições de trabalho do profissional que, por ventura, execute algum procedimento de manutenção.

Estes *containers* não possuem uma separação dos equipamentos de alimentação, que podem alcançar até 380Vca, dos outros equipamentos de telecomunicações, de refrigeração e outros, desta forma, profissionais não habilitados para o trabalho com equipamentos de alimentação, necessariamente tem que dividir o mesmo ambiente.

Este estudo, através da análise do projeto das instalações elétricas responsáveis pela alimentação dos equipamentos de telecomunicações, compostas pelo Quadro de Distribuição Geral (QDG), pelas Unidades Retificadoras (UR's) e pelas Baterias, visa alertar sobre as não conformidades, de acordo com a Norma Regulamentadora Nº 10, com o intuito de evitar possíveis riscos de acidentes com eletricidade.

A análise considera a disposição dos equipamentos de telecomunicações, de climatização e de alimentação instalados em *containers*, cuja alimentação de entrada é de 380Vca. Não foram considerados equipamentos implantados ao ar livre (*outdoor*) nem equipamentos implantados junto às centrais de comutação e controle ou em prédios residenciais ou comerciais.

Também foram desconsideradas as fontes de energia de entrada cuja responsabilidade é da companhia de energia elétrica da região.

O estudo concentra-se no projeto de implantação de alimentação da ERB, não levando em conta procedimentos e utilização de EPI's ou EPC's em manutenção tanto preventiva quanto corretiva.

Para a realização deste estudo de caso, foi necessária permissão de uma operadora de telefonia celular, cujo nome não será mencionado.

Outro obstáculo foi encontrar ERB's de telefonia celular *indoor* cuja alimentação de entrada fosse de 380Vca; tais ERB's foram encontrados no Estado de Santa Catarina cuja quantidade deste tipo de site *indoor* é grande. Os dados foram coletados nos sites instalados em uma cidade de Santa Catarina sob supervisão de um funcionário local.

A Norma Regulamentadora N°10 estabelece os requisitos e condições mínimas objetivando a implementação de medidas de controle e sistemas preventivos, de forma a garantir a segurança e a saúde dos trabalhadores que, direta ou indiretamente, interajam em instalações elétricas e serviços com eletricidade. E aplica-se às fases de geração, transmissão, distribuição e consumo, incluindo as etapas de projeto, construção, montagem, operação, manutenção das instalações elétricas e quaisquer trabalhos realizados nas proximidades, observando-se as normas técnicas oficiais estabelecidas pelos órgãos competentes e, na ausência ou omissão destas, as normas internacionais cabíveis (MTE-1, 2013).

Segunda agência reguladora a ser criada no País, a Agência Nacional de Telecomunicações (ANATEL) foi a primeira a ser instalada, em 5 de novembro de 1997. Concebida para viabilizar o atual modelo das telecomunicações brasileiras e para exercer as atribuições de outorgar, de regulamentar e de fiscalizar esse importante setor de infra-estrutura, a ANATEL foi dotada de inovadora personalidade institucional (ANATEL, 2012).

A ANATEL tem a missão de: "Promover o desenvolvimento das telecomunicações do País de modo a dotá-lo de uma moderna e eficiente infra-estrutura de telecomunicações, capaz de oferecer à sociedade serviços adequados, diversificados e a preços justos, em todo o território nacional". (ANATEL, 2012).

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo Geral

Analisar um projeto de implantação de equipamentos de rede elétrica de Baixa Tensão de 380Vca instalados em uma ERB de telefonia celular *indoor* em conformidade com a Norma Regulamentadora NR-10 com a finalidade de salvaguardar a condições de trabalho no tocante a segurança não somente dos profissionais habilitados para esse tipo de trabalho, bem como, qualquer outro profissional que por ventura exerça quaisquer outras atividades no interior do *container*.

1.1.2 Objetivos Específicos

- Realizar o levantamento bibliográfico com o objetivo de caracterizar a análise;
- Analisar o projeto de implantação quanto ao cumprimento da norma regulamentadora NR-10;
- Propor melhorias e alterações relacionadas à segurança no projeto de instalações elétricas em sites de telefonia celular *indoor* (estudo de caso).

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 ELETRICIDADE

Segundo Biassi (1980, p. 21 e 22), eletricidade é a combinação de uma força chamada tensão e do movimento de partículas invisíveis, chamado corrente, sendo que tensão é a força que faz a corrente elétrica percorrer um conjunto de fios e corrente elétrica é o movimento das partículas atômicas invisíveis chamadas elétrons. Não podemos ver a corrente, mas podemos determinar sua presença pelos efeitos que ela produz.

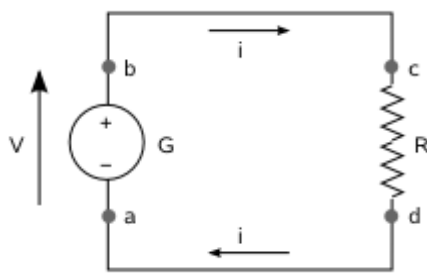


Figura 1 – Circuito Elétrico Simples.
Fonte: SOARES, 2013

2.2 EFEITO DA ELETRICIDADE NO CORPO HUMANO

2.2.1 Choque Elétrico

Por definição, o choque elétrico é o efeito que se manifesta no organismo humano quando é percorrido por uma corrente elétrica (MATTOS, 2009).

Mattos (2009) ainda cita que a intensidade de corrente elétrica, que pode começar a causar efeitos indesejáveis no organismo humano, é mil vezes menor do que a necessária para fazer funcionar uma lâmpada de 100 watts.

Vieira (2008, apud CÁCERES, 2011, p. 26) declara que as atividades do corpo humano sejam elas glandulares nervosas ou musculares são controladas por

impulsos de corrente elétrica. Caso essa corrente fisiológica seja interferida por outra corrente externa, proveniente de contato elétrico, o organismo humano terá suas funções vitais alteradas, e, dependendo da duração da exposição, pode levar o indivíduo à morte. Dentre os efeitos provocados por correntes elétricas externas no corpo humano pode-se citar a tetanização, parada respiratória, queimadura e fibrilação ventricular.

2.2.1.1 Percurso da Corrente Elétrica

Tem grande influência na gravidade do choque elétrico o percurso seguido pela corrente no corpo. A figura abaixo demonstra os caminhos que podem ser percorridos pela corrente no corpo humano (CPN/SP, 2004, p. 20).

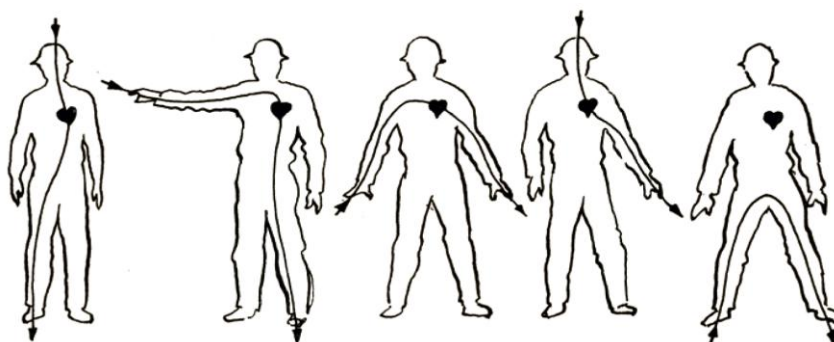


Figura 2 – Percurso da Corrente pelo Corpo Humano.
Fonte: CPN/SP, 2004, p. 20.

Tabela 1 – Valores aproximados de corrente e os danos que causam.

Valores de Corrente Elétrica	Possíveis danos ao Corpo Humano
1mA a 10mA	Apenas formigamento
10mA a 20mA	Dor e forte formigamento
20mA a 100mA	Convulsões e Parada Respiratória
100mA a 200mA	Fibrilação
Acima de 200mA	Queimaduras e Parada Cardíaca

Fonte: MARQUES, 2013.

2.2.1.2 Resistência Elétrica do Corpo Humano

A CPN/SP (2004, p. 21) diz que:

A intensidade da corrente que circulará pelo corpo da vítima dependerá, em muito, da resistência elétrica que esta oferecer à passagem da corrente, e também de qualquer outra resistência adicional entre a vítima e a terra. A resistência que o corpo humano oferece à passagem da corrente é quase que exclusivamente devida à camada externa da pele, a qual é constituída de células mortas. Esta resistência está situada entre 100.000 e 600.000 ohms, quando a pele encontra-se seca e não apresenta cortes, e a variação apresentada é função da sua espessura. Quando a pele encontra-se úmida, condição mais facilmente encontrada na prática, a resistência elétrica do corpo diminui. Cortes também oferecem uma baixa resistência. Pelo mesmo motivo, ambientes que contenham muita umidade fazem com que a pele não ofereça uma elevada resistência elétrica à passagem da corrente. A pele seca, relativamente difícil de ser encontrado durante a execução do trabalho, oferece maior resistência à passagem da corrente elétrica. A resistência oferecida pela parte interna do corpo, constituída, pelo sangue músculos e demais tecidos, comparativamente à da pele é bem baixa, medindo normalmente 300 ohms em média e apresentando um valor máximo de 500 ohms. As diferenças da resistência elétrica apresentadas pela pele à passagem da corrente, ao estar seca ou molhada, podem ser grande, considerando que o contato foi feito em um ponto do circuito elétrico que apresente uma diferença de potencial de 120 volts, tem-se conforme tabela 2:

Tabela 2 – Resistência da pele humana à passagem da corrente elétrica (120V).

Condição da pele humana	Corrente Elétrica
Seca	$I = 120V / 400.000\Omega = \underline{0,3mA}$
Molhada	$I = 120V / 15.000\Omega = \underline{8mA}$

Fonte: CPN/SP, 2004, p. 21.

Tabela 3 – Resistência da pele humana à passagem da corrente elétrica (380V).

Condição da pele humana	Corrente Elétrica
Seca	$I = 380V / 400.000\Omega = \underline{0,95mA}$
Molhada	$I = 380V / 15.000\Omega = \underline{25,33mA}$

Fonte: Própria.

Para esse cálculo foi usado a Lei de OHM, conforme equação (1):

$$I = E / R \quad (1)$$

Onde:

- I = Intensidade de Corrente Elétrica (A);
- E = Tensão Elétrica (V);
- R = Resistência Elétrica (Ω).

Portanto, um choque elétrico de 380V, a vítima que se encontra com a pele molhada, pode apresentar convulsões e até mesmo parada cardíaca, conforme a Tabela 1.

2.2.1.3 Tetanização

Segundo Guyton e Hall (2002, apud LOURENÇO, 2007), tetanização é o resultado da contração muscular na capacidade máxima, de modo que qualquer aumento adicional na frequência de estimulação não exerça novos efeitos.

Já Cotrim (2003, apud LOURENÇO, 2007) acrescenta que, caso a frequência dos estímulos ultrapasse o limite máximo que o músculo pode absorver ele é elevado a uma contração completa e permanente, até que o estímulo seja cessado. Frequências de 50 e 60 Hz são suficientes para produzir uma tetanização completa, dependendo da intensidade da corrente elétrica, fazendo com que, muitas vezes, uma pessoa que entra em contato com essa corrente elétrica fique “agarrada” ao objeto sob tensão. Em exposições mais prolongadas o indivíduo pode ficar inconsciente ou até morrer.

2.2.1.4 Parada Respiratória

Afogamento, estrangulamento ou sufocação, aspiração excessiva de gases venenosos, vapores químicos ou fumaça tóxica, soterramento, presença de corpos estranhos na garganta, choque elétrico, parada cardíaca, entre outros, são exemplos de situações em que uma pessoa pode sofrer uma parada respiratória. Quando ocorre a parada respiratória, é preciso estar atento para outra situação que pode ocorrer simultaneamente: a parada cardíaca. As pulsações (batimentos ritmados nas artérias) indicam a frequência e a força com que o coração está enviando o sangue para o corpo. Em situação normal, elas mantêm sempre o mesmo ritmo e força. Quando isso não acontece, pode estar havendo algum problema com a circulação do sangue (HOSPITAL SANTA MÔNICA, 2013).

Os surtos de corrente que passam pelo corpo humano com elevada intensidade em curtos períodos podem provocar parada cardíaca ou, simplesmente, o coração pára de bombear. Cessam-se todos os sinais elétricos de controle do coração, desenvolvendo-se hipoxia intensa devido à respiração inadequada (GUYTON; HALL, 2002; KILDERMANN, 1995, apud LOURENÇO, 2007).

A hipoxia impedirá as fibras musculares e as fibras de condução cardíaca de manterem os potenciais normais de concentração dos eletrólitos através da sua membrana. Assim, desaparece o ritmo normal de funcionamento (KILDERMANN, 1995, apud LOURENÇO, 2007).

2.2.1.5 Queimadura

Caminha (1997, apud LOURENÇO, 2007) informa que a circulação da corrente elétrica no corpo humano é acompanhada pelo Efeito Joule, fenômeno de produção de calor; portanto, há probabilidade de queimaduras.

Segundo a CPN/SP (2004, p. 23), devido à alta resistência da pele, a passagem de corrente elétrica produz alterações estruturais conhecidas como “marcas de corrente”. As características, portanto, das queimaduras provocadas pela eletricidade diferem daquelas causadas por efeitos químicos, térmicos e biológicos. Em relação às queimaduras por efeito térmico, aquelas causadas pela eletricidade

são geralmente menos dolorosas, pois a passagem da corrente poderá destruir as terminações nervosas. Não significa, porém que sejam menos perigosas, pois elas tendem a progredir em profundidade, mesmo depois de desfeito o contato elétrico ou a descarga.

É importante destacar que não há necessidade de contato direto da pessoa com partes energizadas. A passagem da corrente poderá ser devida a uma descarga elétrica em caso de proximidade do indivíduo com partes eletricamente carregadas. A eletricidade pode produzir queimaduras por diversas formas, o que resulta na seguinte classificação (CPN/SP, 2004, p. 23-24):

- Queimaduras por contato;
- Queimaduras por arco voltaico;
- Queimaduras por radiação (em arcos produzidos por curtos-circuitos);
- Queimaduras por vapor metálico.

Queimaduras por contato: Quando se toca uma superfície condutora energizada, as queimaduras podem ser locais e profundas atingindo até a parte óssea, ou por outro lado muito pequenas, deixando apenas uma pequena “mancha branca na pele”. Em caso de sobrevir à morte, esse último caso é bastante importante, e deve ser verificado no exame necrológico, para possibilitar a reconstrução, mais exata possível, do caminho percorrido pela corrente (CPN/SP, 2004, p. 24).

Queimaduras por arco voltaico: O arco elétrico caracteriza-se pelo fluxo de corrente elétrica através do ar, e geralmente é produzido quando da conexão e desconexão de dispositivos elétricos e também em caso de curto-circuito, provocando queimaduras de segundo ou terceiro grau. O arco elétrico possui energia suficiente para queimar as roupas e provocar incêndios, emitindo vapores de material ionizado e raios ultravioletas (CPN/SP, 2004, p. 24).

Queimaduras por vapor metálico: Na fusão de um elo fusível ou condutor, há a emissão de vapores e derramamento de metais derretidos (em alguns casos prata ou estanho) podendo atingir as pessoas localizadas nas proximidades (CPN/SP, 2004, p. 24).

2.2.1.6 Fibrilação Ventricular

Garcia (2002, apud LOURENÇO, 2007) esclarece que:

A fibrilação é um tipo de arritmia cardíaca que, se não for interrompida em um período de um a três minutos, se torna irreversível, levando a morte. Ela é decorrente de uma sequencia de impulsos cardíacos desordenados, iniciando-se pelo músculo ventricular, que se repetem continuamente pelo mesmo músculo.

Desta forma, não haverá contração coordenada do músculo ventricular a um só tempo, o que é necessário para o correto funcionamento do coração (CARNEIRO, 1998, apud LOURENÇO, 2007).

Já Guyton e Hall (2002, apud LOURENÇO, 2007) mostram que, no entanto, esta corrente, de forma controlada em alta tensão, poderá ser aplicada simultaneamente nos ventrículos e torná-los refratários novamente. Este é o princípio do desfibrilador: um eletrochoque é aplicado nos dois lados do coração, com intensidade instantânea. Esta condição poderá ser repetida algumas vezes, pois é comum o retorno à fibrilação.

2.2.2 Arco Elétrico

Barros (et al., 2010) conceitua o arco elétrico como sendo:

Um fenômeno físico inerente a instalações e equipamentos elétricos e ocorre sempre que há uma passagem de corrente elétrica por um meio não condutor devido ao rompimento de suas características isolantes, normalmente envolve partes metálicas que não estão em contato direto, porém apresentam diferença de potencial. Tal fenômeno tem curta duração e consiste na transformação da energia elétrica em calor, energia acústica, onda de pressão e energia luminosa.

Já Almeida (2013) declara que o arco elétrico pode existir de uma forma controlada como nos casos de solda elétrica ou fornos industriais.

No caso de falhas elétricas ou curtos-circuitos, é um fenômeno indesejável que libera uma enorme quantidade de calor. Este fenômeno, além da liberação de

calor, libera partículas de metais ionizadas que eventualmente podem conduzir correntes, deslocamento de ar com aparecimento de alta pressão, prejudicial ao sistema auditivo, e raios ultravioletas prejudiciais à visão (ALMEIDA, 2013).

Normalmente os arcos elétricos em painéis aparecem por (ALMEIDA, 2013):

- Mau contato (por ex.: Perda de pressão dos parafusos de conexão);
- Depreciação da isolamento (sobre tensão, sobrecarga e fim de vida do dielétrico);
- Defeito de fabricação de componentes ou equipamento (Quando não detectada no início, o mesmo aparece ao longo da vida);
- Projeto e instalação inadequada ou mal dimensionada;
- Manutenção inadequada (Introdução de mudanças sutis, sem avaliação técnica adequada);
- Contatos acidentais ou inadvertidos de ferramentas ou peças (Erro humano).

2.3 SISTEMA CELULAR

2.3.1 Estação Rádio Base (ERB)

Henriques e Martins (2009) nos dizem nos seguintes itens que:

- . Estação Rádio Base (ERB) ou “*Cell Site*” é a denominação dada em um sistema de telefonia celular para a Estação Fixa com que os terminais móveis se comunicam.
- . A ERB está conectada a uma Central de Comutação e Controle (CCC) que tem interconexão com o Serviço Telefônico Fixo Comutado (STFC) e a outras CCC's, permitindo chamadas entre os terminais celulares e deles com os telefones fixos comuns.
- . Na arquitetura de alguns sistemas celulares existe a figura do *Base Station Controller* (BSC) que agrupa um conjunto de ERB's antes da sua conexão com a CCC.

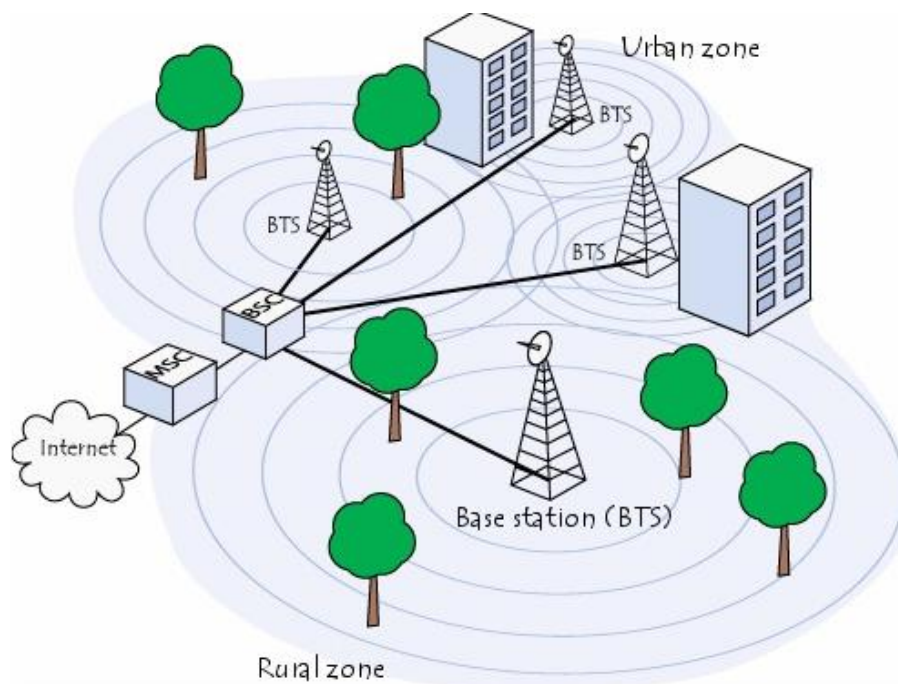


Figura 3 – Sistema Celular Básico
 Fonte: HENRIQUES; MARTINS, 2009.

Uma ERB típica é composta dos seguintes elementos (HENRIQUES; MARTINS, 2009):

- Local onde será implantada;
- Infraestrutura para a instalação dos equipamentos de telecomunicações incluindo a parte civil, elétrica, climatização e energia CC com autonomia em caso de falta de energia através de baterias e em alguns casos Grupo Moto Gerador (GMG);
 - Torre para colocação de antenas para comunicação com os terminais móveis e enlace de rádio para a CCC;
 - Equipamentos de Telecomunicações.

Basicamente temos dois tipos de ERB, comumente chamadas de (HENRIQUES; MARTINS, 2009):

- *Greenfield* – aquelas que são instaladas em terrenos, ou seja, no solo;
- *Roof Top* – aquelas instaladas em pavimentos de cobertura de edifícios.

Henriques e Martins (2009) ainda explicam que:

Ambas podem utilizar equipamentos de telecomunicação *indoors* (dentro de compartimentos), cujas características de fabricação determinam a necessidade de uma infraestrutura de climatização, como equipamentos “outdoors” (fora de compartimentos), que são unidades autônomas, previamente concebidas para exposição ao ar livre e dimensionadas para obter uma ventilação apropriada.



Figura 4 - ERB *Roof Top Outdoor*

Fonte: (HENRIQUES; MARTINS, 2009)



Figura 5 - ERB *Greenfield Indoor (container)*

Fonte: Própria

2.4 INFRAESTRUTURA DE SISTEMAS DE ENERGIA

Maluf e Martins (2004) conceituam o Sistema de Energia CA como sendo:

Um conjunto de infraestrutura de componentes e equipamentos eletroeletrônicos que tem por finalidade prover o suprimento, distribuição e supervisão de energia em corrente alternada (CA) de baixa tensão para as cargas de sistemas e equipamentos instalados em estações de telecomunicações.

As instalações dos sistemas de energia de corrente alternada merecem um tipo comum de classificação segundo o porte de demanda do consumo de energia, dimensionado em KVA (kilo Volt-Amperes). Essa classificação determina, portanto três tipos sistemas de energia CA (MALUF; MARTINS, 2004):

Tabela 4 – Classificação segundo o porte de demanda do consumo de energia.

Sistema	Demanda	Aplicável nos casos mais comuns de...
Pequeno Porte	Até 60 KVA	Estações do tipo ERB's
Médio Porte	60 a 300 KVA	Estações centrais
Grande Porte	Acima de 300 KVA	Estações e edifícios de grande consumo de energia.

Fonte: MALUF; MARTINS, 2004.

2.4.1 Princípio de Funcionamento

Se observado o diagrama a seguir, podemos identificar os principais componentes constituintes de um sistema de energia AC (MALUF; MARTINS, 2004):

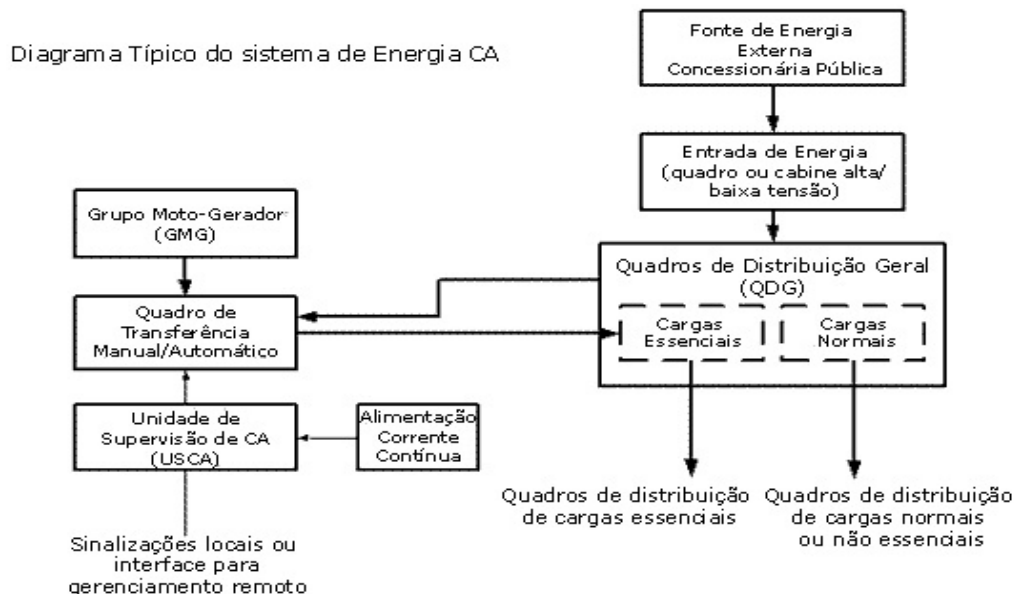


Figura 6 – Diagrama Típico do Sistema de Energia CA.
Fonte: MALUF; MARTINS, 2004.

2.4.2 Fonte de Energia de Entrada

Representa uma fonte de energia de CA de propriedade de uma concessionária local de suprimentos de energia comercial. A distribuição interna ao site de telecomunicações é sempre em Baixa Tensão (MALUF; MARTINS, 2004).

2.4.3 Quadro de Distribuição Geral (QDG)

É o quadro que alimenta as cargas instaladas, devendo sempre existir em qualquer configuração de um sistema de energia CA. É desse quadro que é feita a distribuição para outros quadros intermediários de distribuição de energia ao longo da Estação de Telecomunicações (MALUF; MARTINS, 2004).

2.4.4 Unidades Retificadoras (UR's)

A Unidade Retificadora (URCC - Unidade Retificadora de Corrente Contínua) é a que converte a alimentação CA de entrada em energia CC. A alimentação é proveniente do sistema de energia CA, resultado da decisão entre a que provem da concessionária de energia, ou na falta momentânea desta, de um Grupo Moto

Gerador - GMG. A Unidade Retificadora fornece em sua saída a alimentação DC, em dois valores mais usuais de +24 Vcc ou -48 Vcc, que alimentarão os consumidores e as baterias em seu ciclo de carga (MARTINS; MALUF, 2004).

2.4.5 Banco de Baterias

Banco de baterias é um conjunto formado por elementos (baterias) interligados em série de 12 ou 24 elementos, cada qual com uma tensão nominal de 2 Vdc, perfazendo então 24 Vdc ou 48 Vdc. As baterias estão presentes como dispositivos de reserva de energia no caso da falta de energia fornecida pela Unidade Retificadora, sejam por queda da energia CA de entrada ou por alguma falha na Unidade Retificadora (MARTINS; MALUF, 2004).

As baterias podem ser fabricadas utilizando placas de metais diferentes, podendo ser as baterias de: Alcalinas (Níquel-Cádmio) e Ácidos (Chumbo Ácido) (VASCONCELOS, 2005).

- Baterias Ventiladas (FVLA - *Free Vented Lead Acid*)
- Baterias Seladas (VRLA - *Valve Regulated Lead Acid*)

Quando utilizadas as ventiladas, devido à emissão de gases nocivos, elas devem ser instaladas em salas exclusivas, com sistemas especiais de controle do ar ambiente e instalação elétrica da iluminação à prova de explosão. As baterias seladas podem ser instaladas próximas ao sistema de retificadores (VASCONCELOS, 2005).

A bateria Chumbo-Ácida Regulada por Válvula - VRLA (*Valve Regulated Lead Acid*) é uma bateria chumbo ácida construída com o intuito de diminuir a manutenção da bateria, dispensando a adição de água à célula, pois a bateria foi projetada para que o hidrogênio e o oxigênio se recombinem dentro da bateria em vez de deixar escapar para o ambiente. Nesta bateria existe uma válvula de segurança no caso em que a concentração de hidrogênio dentro da bateria atinja um nível perigoso. Quando isto ocorre o gás é liberado, porém a válvula raramente é aberta devido ao alto nível de eficiência na recombinação dos gases dentro da bateria, não havendo mais a necessidade de um ambiente com ventilação especial para o funcionamento das baterias (MATSUMOTO; SANTOS, 2010).

2.5 ESQUEMA DE ATERRAMENTO

O aterramento pode ser (CPN/SP, 2004, p. 29):

- Funcional: ligação através de um dos condutores do sistema neutro.
- Proteção: ligação à terra das massas e dos elementos condutores estranhos à instalação.
- Temporário: ligação elétrica efetiva com baixa impedância intencional à terra, destinada a garantir a equipotencialidade e mantida continuamente durante a intervenção na instalação elétrica.

Conforme a NBR-5410/2004 são considerados os esquemas de aterramento TN / TT / IT, onde (CPN/SP, 2004, p. 29):

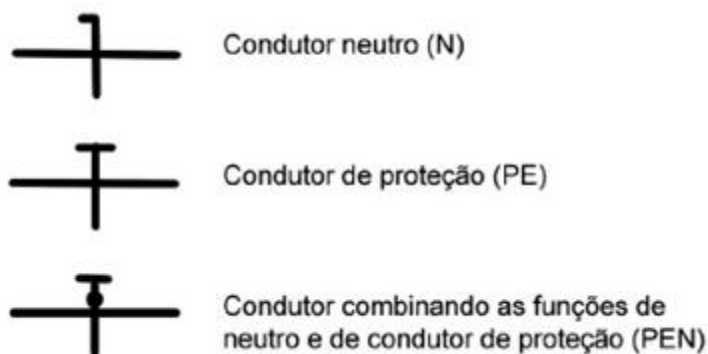


Figura 7 – Simbologia.

Fonte: CPN/SP, 2004, p. 29.

Primeira letra — Situação da alimentação em relação à terra:

- T = um ponto diretamente aterrado;
- I = isolamento de todas as partes vivas em relação à terra ou aterramento de um ponto através de impedância;

Segunda letra — Situação das massas da instalação elétrica em relação à terra:

- T = massas diretamente aterradas, independentemente do aterramento eventual de um ponto da alimentação;
- N = massas ligadas ao ponto da alimentação aterrado (em corrente alternada o ponto aterrado é normalmente o ponto neutro);

Outras letras (eventuais) — Disposição do condutor neutro e do condutor de proteção:

- S = funções de neutro e de proteção asseguradas por condutores distintos;
- C = funções de neutro e de proteção combinadas em um único condutor (condutor PEN).

2.5.1 Esquema TN

O esquema TN possui um ponto da alimentação diretamente aterrado, sendo as massas ligadas a esse ponto através de condutores de proteção. São consideradas três variantes de esquema TN, de acordo com a disposição do condutor neutro e do condutor de proteção, a saber:

- Esquema TN-S: no qual o condutor neutro e o condutor de proteção são distintos, figura abaixo;
- Esquema TN-C: no qual as funções de neutro e de proteção são combinadas em um único condutor, na totalidade do esquema, figura abaixo;
- Esquema TN-C-S: em parte do qual as funções de neutro e de proteção são combinadas em um único condutor, figura abaixo;

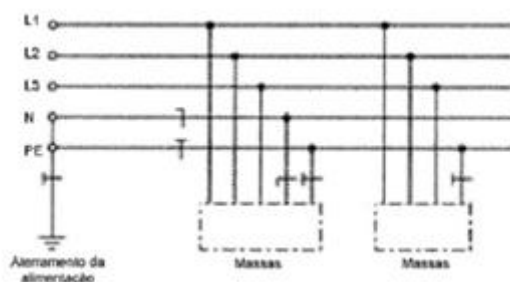


Figura 8 – Esquema TN-S
Fonte: CPN/SP,2004, p. 30.

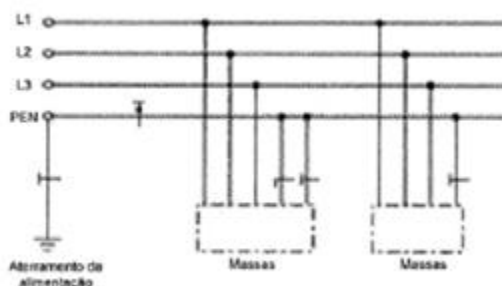


Figura 9 – Esquema TN-C
Fonte: CPN/SP,2004, p. 30.

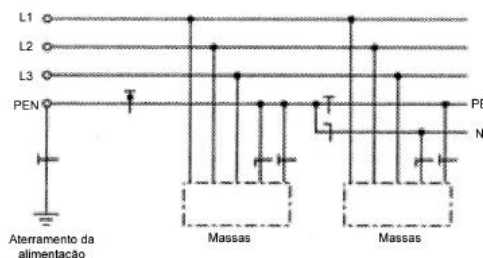


Figura 10 – Esquema TN-C-S
Fonte: CPN/SP, 2004, p. 31'.

2.5.2 Esquema TT

O esquema TT possui um ponto da alimentação diretamente aterrado, estando as massas da instalação ligadas a eletrodo(s) de aterramento eletricamente distinto(s) do eletrodo de aterramento da alimentação, figura 11.

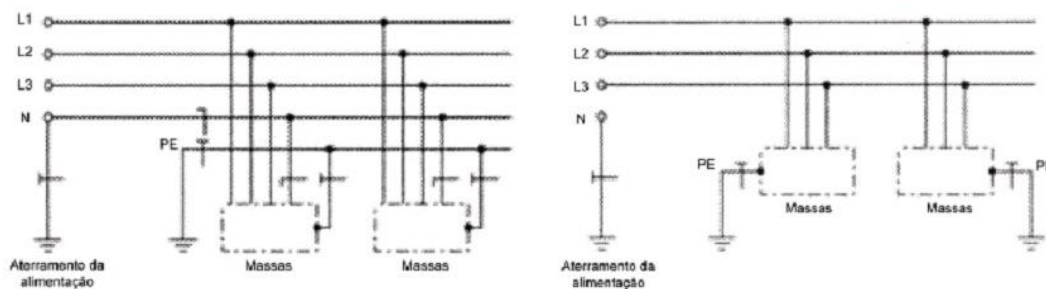


Figura 11 – Esquema TT
 Fonte: CPN/SP, 2004, p. 31.

2.5.3 Esquema IT

No esquema IT todas as partes vivas são isoladas da terra ou um ponto da alimentação é aterrado através de impedância, figura abaixo. As massas da instalação são aterradas, verificando-se as seguintes possibilidades:

- Massas aterradas no mesmo eletrodo de aterramento da alimentação, se existente;
- Massas aterradas em eletrodo(s) de aterramento próprio(s), seja porque não há eletrodo de aterramento da alimentação, seja porque o eletrodo de aterramento das massas é independente do eletrodo de aterramento da alimentação.

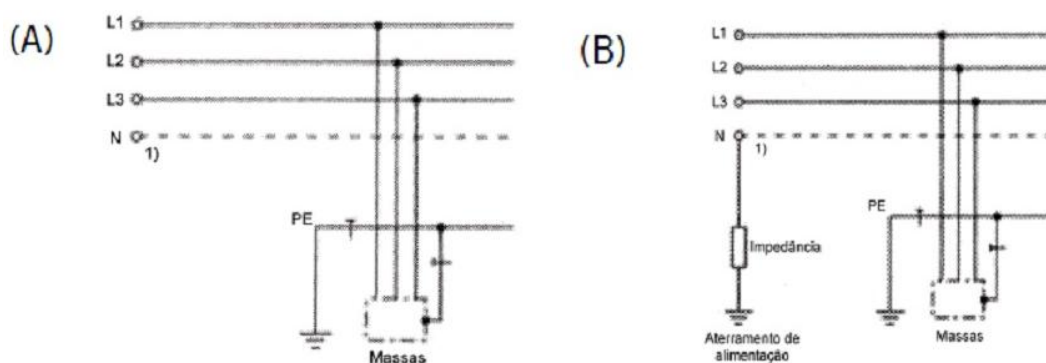


Figura 12 – Esquema IT
 Fonte: CPN/SP, 2004, p. 32.

2.5.4 Aterramento Temporário

O aterramento elétrico de uma instalação tem por função evitar acidentes gerados pela energização acidental da rede, propiciando rápida atuação do sistema automático de seccionamento ou proteção. Também tem o objetivo de promover proteção aos trabalhadores contra descargas atmosféricas que possam interagir ao longo do circuito em intervenção. Esse procedimento deverá ser adotado a montante (antes) e a jusante (depois) do ponto de intervenção do circuito e derivações se houver, salvo quando a intervenção ocorrer no final do trecho. Deve ser retirado ao final dos serviços (CPN/SP, 2004, p. 33).

2.5.5 Equipotencialização

É o procedimento que consiste na interligação de elementos especificados, visando obter a equipotencialidade necessária para os fins desejados. Todas as massas de uma instalação devem estar ligadas aos condutores de proteção. Em cada edificação deve ser realizada uma equipotencialização principal, em condições especificadas, e tantas equipotencializações suplementares quantas forem necessárias. Todas as massas da instalação situadas em uma mesma edificação devem estar vinculadas à equipotencialização principal da edificação e, dessa forma, a um mesmo e único eletrodo de aterramento. Isso sem prejuízo de equipotencializações adicionais que se façam necessárias, para fins de proteção contra choques e/ou de compatibilidade eletromagnética (CPN/SP, 2004, p. 34).

2.6 NORMAS REGULAMENTADORAS

2.6.1 NR-10 Segurança em Instalações e Serviços em Eletricidade

Os trabalhadores que interagem, direta ou indiretamente, em instalações elétricas e serviços com eletricidade estão expostos a sérios riscos, que podem acarretar desde uma queimadura de 1º grau até a sua morte. No intuito de garantir a

segurança e a saúde desses trabalhadores, o MTE publicou, em 1978, a NR 10 – Segurança em Instalações e Serviços em Eletricidade (SANTOS, 2011).

No entanto, logo surgiu a necessidade de atualização desta Norma, tendo em vista o grande número de acidentes que continuavam a ocorrer depois de sua publicação, principalmente após a privatização do setor elétrico no país - quando as empresas passaram a terceirizar muitos serviços, contratando trabalhadores que nem sempre possuíam qualificação ou o treinamento adequado. Sem falar das novas tecnologias, materiais e processos que foram surgindo com o passar do tempo (SANTOS, 2011).

Dentre os itens que compõe a NR-10, ressalta-se o item 10.3 que estabelece requisitos mínimos relacionados à Segurança em Projetos.

A existência de um capítulo especificamente dedicado a aspectos de segurança nos projetos elétricos indica o entendimento maior de que a segurança nas instalações elétricas deve ser a preocupação já nos estudos e levantamentos iniciais e se concretizar na sua concepção – “o projeto” (MTE-2, 2013, p. 31).

Nem todos os subitens relacionados a projetos (10.3) estabelecidos pela NR-10 são pertinentes a este estudo, porém, outros subitens relacionados a controle (10.2), autorização (10.8), incêndio (10.9) e sinalização (10.10) foram considerados.

Item 10.2.3 – Esquemas unifilares atualizados das instalações elétricas: Estes diagramas devem estar acompanhados de dados e especificações das medidas de proteção instaladas, especialmente, do sistema de aterramento elétrico, elemento de fundamental importância à segurança de trabalhadores e usuários e dos demais equipamentos e dispositivos de proteção que integram a instalação elétrica, tais como, fusíveis, disjuntores, chaves e outros componentes associados à proteção. Deve-se lembrar de que as pequenas, médias ou grandes instalações elétricas, todas operam com tensões perigosas e capazes de provocar danos fatais. O diagrama unifilar não é senão a expressão mais simples e objetiva da instalação

elétrica, mas, para o trabalhador autorizado, é o documento que informa, facilita e permite a realização de um trabalho mais seguro proteção (MTE-2, 2013, p. 15-16).

Item 10.3.3 – Espaço seguro quanto ao dimensionamento e localização: As recomendações quanto à manutenção de espaço livre, que ofereça segurança para os trabalhos de manutenção, junto de quadros elétricos e de dispositivos de manobra deverá ser anotada em desenho e mencionada no respectivo memorial. Deve ainda ser objeto de apontamento em planta ou memorial, a competência das pessoas que terão acesso à área das instalações ou equipamentos se é previstas apenas pessoas advertidas, ou se o tipo de proteção utilizado permite o acesso e permanência de pessoas não advertidas nas proximidades das instalações (MTE-2, 2013, p. 32).

Itens 10.3.4 – Configuração do esquema de aterramento: O projeto elétrico deve aplicar um esquema de aterramento definido de acordo com o que estabelece as normas técnicas (TN; TT; IT), como condição supletiva de proteção. A interligação entre condutor neutro e de proteção, exigida no esquema TN, quando adotado, deverá ser definida no projeto. É requisito fundamental desta medida de proteção – aterramento, a coordenação entre os dispositivos de seccionamento automático (fusíveis, disjuntores, etc) e o sistema de aterramento adotado, devendo as massas ser efetivamente ligadas a um condutor de proteção (MTE-2, 2013, p. 33-34).

Item 10.3.7 – Projeto de Instalações Elétricas a disposição: É de grande utilidade à disponibilização dos projetos para consulta e orientação dos trabalhadores envolvidos na instalação, de forma habitual e sistemática e que permita a visualização e análise de circuitos, interferências e características da instalação, respeitadas as limitações de capacidade, autorização e área de atuação dos envolvidos. Um projeto atualizado permite evitar surpresas e operações indesejáveis durante a realização de serviços e intervenções nas instalações elétricas e se tornará um guia permanente para a execução de serviços, quando permanente e dinamicamente atualizados, além de ser um facilitador para a realização dos serviços (MTE-2, 2013, p. 35).

Item 10.3.8 – Projeto atende as NR's de Saúde e Segurança no Trabalho:

Este item impõe que o projetista conheça previamente as exigências regulamentares de segurança e saúde para que as aplique, onde couber, nas especificações constantes de seu trabalho de elaboração do projeto elétrico. Há interferências das mais diversas em outras normas regulamentadoras, além da NR-10, que devem ser consideradas na fase de projeto. Assim ocorrem com aspectos ergonômicos tratados na NR-17, de sinalização, tratados na NR-26 e outras mais (MTE-2, 2013, p. 35).

Item 10.8.9 – Trabalhadores com atividades não relacionados às instalações elétricas; Este item trata diretamente dos casos em que se enquadram os trabalhadores em atividades diversas e que desenvolvam suas atividades nas regiões limítrofes da zona controlada, porém não tenham necessidade de invadi-la para realizar seu serviço. Embora não se envolvam propositadamente com os elementos das instalações elétricas, esses trabalhadores necessitam de informação para reconhecer os riscos da vizinhança, pela proximidade em que atuam da zona controlada, adotando as recomendações e procedimentos aplicáveis de acordo com instruções formais transmitidas pelo tomador de serviços (MTE-2, 2013, p. 67).

Item 10.9.1 – Atendimento a NR-23: A NR-10 mais uma vez remete à Norma específica de Proteção Contra Incêndios, NR-23, o detalhamento das exigências. Deve ser observado que incêndios em locais com instalações elétricas energizadas, mesmo que não sejam originados das instalações, serão tratados como da classe **C**, por conta da presença de eletricidade (MTE-2, 2013, p. 68).

Item 10.9.4 – Dispositivos de Proteção: Dispositivos de proteção destinados ao alarme, seccionamento automático para prevenir sobretensões, sobrecorrentes, falhas de isolamento, aquecimentos ou outras condições anormais de operação, complementares às instalações especiais para esses ambientes com potencialidade de atmosferas explosivas ou elevado risco de incêndio são obrigatórios nas instalações elétricas para prevenir ocorrências de incêndio ou explosões. As áreas classificadas assim como outras com elevado risco de incêndio não suportam a

ocorrência de situações toleráveis em outras instalações elétricas e por isso necessitam de medidas adicionais de prevenção contra o sobreaquecimento de superfícies, o surgimento de arco elétrico devido à sobretensão, inerentes até mesmo à operação normal de dispositivos de manobra e de proteção. (MTE-2, 2013, p. 70).

Item 10.10.1 – Atendimento a NR-26: A sinalização é uma medida complementar de controle dos riscos. E sendo complementar ela necessita da adoção de outras medidas de prevenção para ser eficaz (barreiras, invólucros, obstáculos,..), contudo se constitui num item de segurança simples e eficiente para a prevenção de riscos de origem elétrica em geral. Essa medida de proteção promove a identificação (indicação, descrição, avisos, ...), a orientação (instruções de bloqueios, de direção, ...) e advertência (proibição, obrigatoriedades, impedimentos) nos ambientes de trabalho. Deve ser adotada a partir da fase de projeto das instalações elétricas e constarem do memorial descritivo (MTE-2, 2013, p. 71).

- *Alínea (a) – Identificação de Circuitos Elétricos:* Consiste de impor uma forma que permita identificar um circuito entre os demais coexistentes. Já está mencionada como exigência no subitem que trata da segurança em projetos, seja com, anilhas, etiquetas ou outro meio seguro, durável, conhecido dos trabalhadores e aplicado nos locais onde se faz necessário distinguir os circuitos. Também muito aplicável aos quadros e painéis elétricos para identificar os dispositivos de comando (disjuntores, chaves, relés,...) (MTE-2, 2013, p. 72).

- *Alínea (c) – Restrições e impedimento de acesso:* É a aplicação de recursos ou de dispositivos de sinalização que indiquem os impedimentos e restrições ou a permissão de acesso ou permanência de pessoas às áreas ou locais, que por sua natureza ou pelas formas de proteção existentes, são de acesso exclusivo de

peças advertidas ou por elas acompanhadas e supervisionadas (MTE-2, 2013, p. 73).

- *Alínea (d) – delimitação de Áreas:* É o processo de estabelecer os limites através de dispositivos adequados e resistentes à situação em que serão empregados. Estes também deverão ser claros e de imediata interpretação pelas pessoas que acessam as áreas limítrofes (MTE-2, 2013, p. 73).

2.6.2 Normas Complementares

Para a aplicação da NR-10, as seguintes NR's também devem ser observadas:

Tabela 5 – Normas Regulamentadoras Complementares.

Norma	Assunto
NR-1	Disposições Gerais
NR-3	Embargo ou Interdição
NR-6	Equipamentos de Proteção Individual – EPI
NR-7	Programa de Controle Médico de Saúde Ocupacional – PCMSO
NR-17	Ergonomia (principalmente iluminamento);
NR-23	Proteção Contra Incêndio;
NR-26	Sinalização de Segurança;
NR-28	Fiscalização e Penalidades.

Fonte: Própria.

Outras normas técnicas também merecem atenção:

Tabela 6 – Outras Normas Complementares.

Norma	Assunto
ABNT NBR 5410	Instalações Elétricas de Baixa Tensão
ABNT NBR 14039	Instalações Elétricas de Média Tensão de 1kV a 36,2kV
ABNT NBR IEC 69979-14	Instalação Elétrica em Área Classificadas
NBR 5413	Iluminância de Interiores
ABNT NBR 5419	Proteção de Estrutura contra Descargas Atmosféricas

Fonte: Própria.

3 METODOLOGIA

O estudo de caso é uma estratégia de pesquisa que compreende um método que abrange tudo em abordagens específicas de coletas e análise de dados (YIN, 2001).

Os estudos de caso podem ser (OLIVEIRA, 2013):

- Exploratórios: quando se quer encontrar informações preliminares sobre o assunto estudado.
- Descritivos: cujo objetivo é descrever o Estudo de Caso.
- Analíticos: quando se quer problematizar ou produzir novas teorias que irão procurando problematizar o seu objeto, construir ou desenvolver novas teorias que irão ser confrontadas com as teorias que já existiam, proporcionando avanços do conhecimento.

A elaboração do presente trabalho está fundamentada em três diferentes fases. A primeira delas se constituiu na pesquisa exploratória, seguida da fase descritiva e por último a fase analítica conforme figura 13.

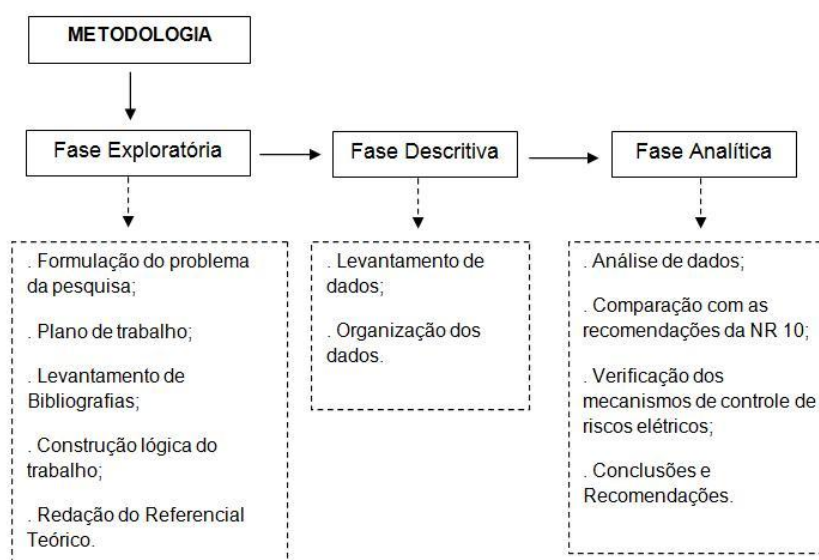


Figura 13 – Fluxograma da Metodologia adotada.

Fonte: CÁCERES, 2011

3.1 FASE EXPLORATÓRIA

Habitualmente envolvem levantamento bibliográfico e documental, entrevistas não padronizadas e estudos de caso (GIL, 1999, p. 27).

Nesta fase foi realizado levantamento bibliográfico e documental referente aos perigos existentes ao se trabalhar com eletricidade. Também foi verificada a infraestrutura de sistemas de energia que compõe a arquitetura de um Sistema Celular, bem como, seu Sistema de Aterramento. Finalmente foram detalhados os itens e subitens da NR-10 relacionados a projetos, controle, incêndio e sinalização que são pertinentes ao projeto de alimentação de 380Vca para uma ERB *indoor* de telefonia celular, objeto deste estudo de caso.

3.2 FASE DESCRITIVA

Esta fase, partindo da delimitação fornecida pela fase anterior, se constituiu na obtenção de dados necessários para o estudo de caso, dados que permitam ou não a sustentação da hipótese inicial. Esta envolverá um levantamento de dados, e organização dos dados obtidos, que serão realizados com base das proposições (CÁCERES, 2011).

O levantamento de dados foi realizado com base em visitas, acompanhadas por um responsável da empresa, realizadas a várias Estações Rádio Base (ERB's) com alimentação de 380Vca. Foram registradas várias fotos como comprovação das conformidades e não conformidades com a NR-10.

3.3 FASE ANALÍTICA

A fase analítica se dará através da análise dos dados obtidos em comparação com as diretrizes estabelecidas pela NR-10, que trata da segurança em instalações e serviços em eletricidade. Usando como fundamentação a análise dos dados obtidos no estudo de caso serão desenvolvidas as considerações finais da presente pesquisa, que será o ponto final de todos os passos desenvolvidos ao longo do processo, mostrando o alcance e as consequências dos resultados obtidos, além de

mostrar quais ações podem ser tomadas no sentido da minimização dos riscos elétricos (CÁCERES, 2011).

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 APRESENTAÇÃO

Como instrumentos para o presente Estudo de Caso foram considerados sites celular que contem ERB's tipo *container*, isto é, com os equipamentos instalados dentro de compartimentos (*indoor*) cuja tensão elétrica de alimentação corresponde a 380Vca.

As ERB's tipo *container* normalmente possui uma disposição dos equipamentos de telecomunicações, alimentação e refrigeração padronizada conforme a figura 14.



Figura 14 – *Container* normalmente utilizado em telecomunicações.
Fonte: Própria.

4.2 CONFORMIDADES

Item 10.2.3 – Esquemas unifilares atualizados das instalações elétricas:

Todos os modelos de QDG's apresentam compartimentos próprios para a guarda dos diagramas unifilares conforme figura 15, porém nem todos os têm a disposição para o trabalhador.

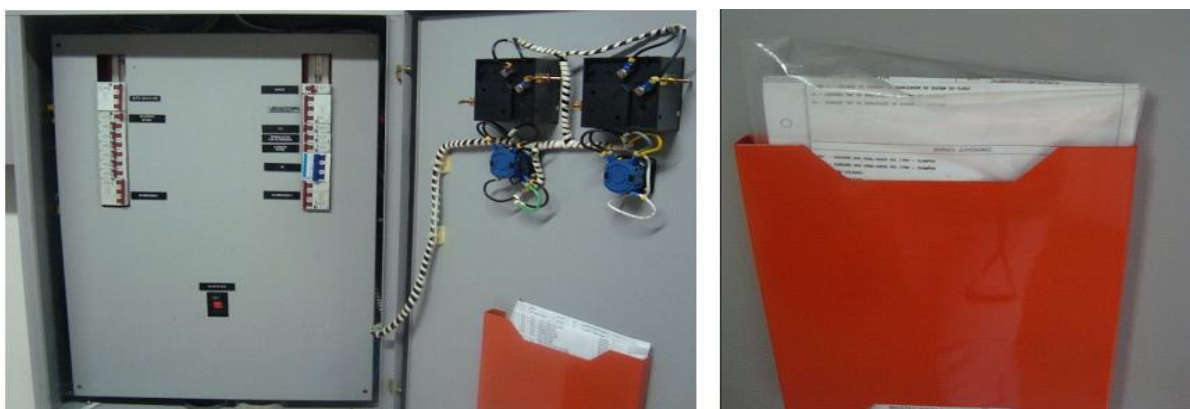


Figura 15 – Compartimento contendo Diagrama Unifilar (QDG).

Fonte: Própria.

Itens 10.3.4 – Configuração do esquema de aterramento: Há vários condutores de proteção (PE) independentes onde muitos equipamentos são aterrados em um mesmo ponto conforme figuras 16, 17 e 18. Estes PE's estão todos interligados ao neutro da concessionária no QDG indicando ser o esquema de aterramento TN-C-S.

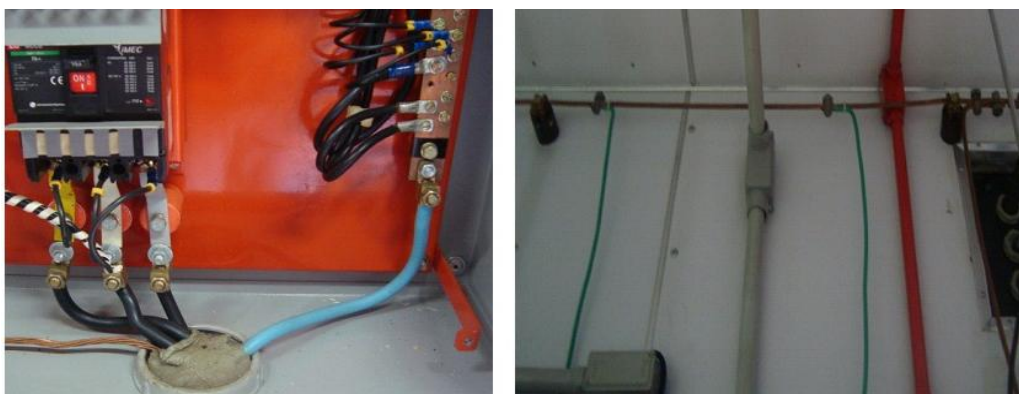


Figura 16 – Sistema de Aterramento – QDG e Malha Interna.

Fonte: Própria.

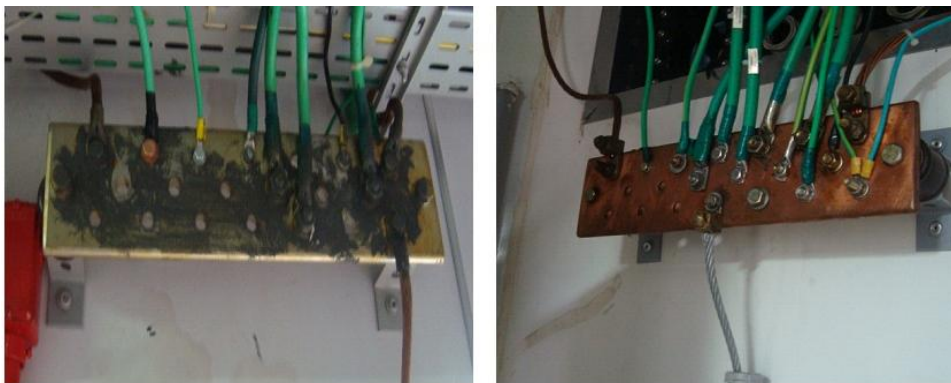


Figura 17 – Sistema de Aterramento (Equipotencialização).
Fonte: Própria.



Figura 18 – Sistema de Aterramento de Entrada e Aterramento do *container* .
Fonte: Própria.

Item 10.9.1 – Atendimento a NR-23: Alguns *containers* tem seu ambiente interno protegido por um sistema contra incêndio de ação automática; outros possuem extintores, sendo que, todos possuem dispositivos de alarme contra incêndio que soam alarmes remotamente conforme figura 19.

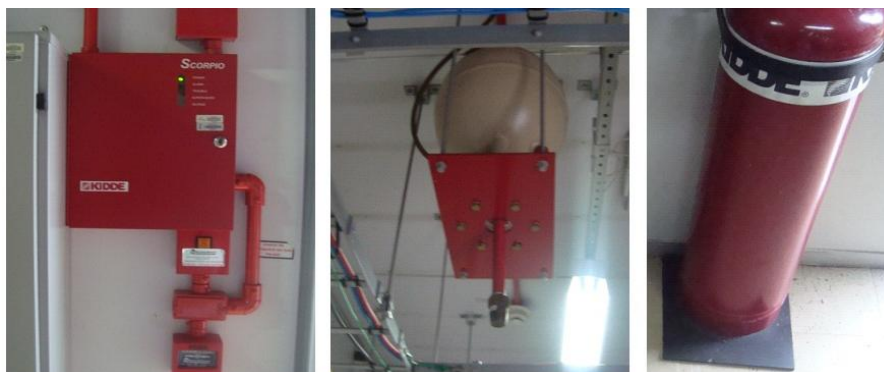


Figura 19 – Sistema de Combate a Incêndio.
Fonte: Própria.

Item 10.9.4 – Dispositivos de Proteção: Os QDG's analisados possuem dispositivos de proteção que supervisionam sistemas trifásicos detectando falta de fase, protetores contra surtos, disjuntores e fusíveis, conforme figura 20.



Figura 20 – Dispositivos de Proteção.
Fonte: Própria.

Item 10.10.1 – Atendimento a NR-26 – Alínea (c): As maiorias dos QDG's visitados possuem acesso dificultado por um anteparo de metal ou de acrílico parafusado, outros possuem informações quanto à tensão conforme figuras 21 e 22. Os bancos de baterias contêm obstáculos para impedir o contato do trabalhador com as partes energizadas conforme figura 23. Porém, em apenas um caso houve circuitos energizados com relativa facilidade para o acesso e banco de baterias com os bornes sem nenhum obstáculo ao contato direto pelo trabalhador, conforme figuras 24 e 25.

Na porta de entrada do container, a que dá acesso aos equipamentos de telecomunicações e equipamentos de fornecimento de energia, não há nenhuma sinalização ou informação de área restrita para somente pessoas autorizadas.



Figura 21 – Restrição de Acesso aos Circuitos energizados do QDG adequados.
Fonte: Própria.



Figura 22 – Restrição de Acesso – Informação de Quadro Energizado.
Fonte: Própria.



Figura 23 – Restrição de Acesso - bornes das baterias protegidos.
Fonte: Própria.



Figura 24 – Restrição de Acesso aos Circuitos energizados do QDG inadequados.
Fonte: Própria.

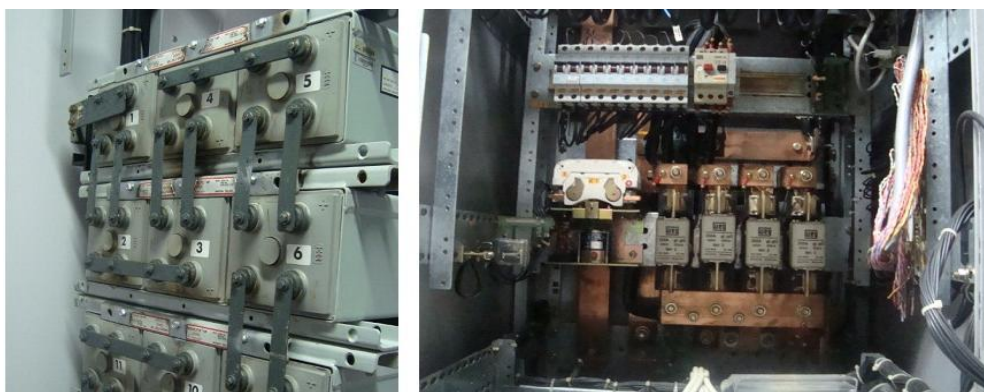


Figura 25 – Restrição de Acesso – bornes das baterias e fusíveis desprotegidos
Fonte: Própria.

4.3 NÃO CONFORMIDADES

Item 10.3.3 – Espaço seguro quanto ao dimensionamento e localização: O espaço interno do container é reduzido, conforme figura 26. Suas dimensões são de aproximadamente (C x L x H) 5 x 2,5 x 3 m.



Figura 26 – Espaço Interno *Container*.

Fonte: Própria.

Item 10.3.7 – Projeto de Instalações Elétricas a disposição: O projeto de instalação elétrica não se encontra a disposição dos trabalhadores, desta forma, não foi possível atender o item 10.3.7.

Item 10.3.8 – Projeto atende as NR's de Saúde e Segurança no Trabalho: O projeto de instalação elétrica não se encontra a disposição dos trabalhadores, desta forma, não foi possível verificar o atendimento do item 10.3.8.

Item 10.3.9 – Memorial Descritivo: O projeto de instalação elétrica não se encontra a disposição dos trabalhadores, desta forma, não foi possível verificar o atendimento das alíneas do item 10.3.9.

Item 10.10.1 – Atendimento a NR-26 – Alínea (a) – Identificação de Circuitos Elétricos: O QDG, as UR's e as Baterias não possuem nenhum tipo de informação que indique circuitos elétricos com perigo de choque conforme figura 27.



Figura 27 – Identificação de Circuitos Elétricos.
Fonte: Própria.

Item 10.10.1 – Atendimento a NR-26 – Alínea (d) – delimitação de Área e Item 10.8.9 – Trabalhadores com atividades não relacionados às instalações elétricas:
Não há nenhum tipo de informação quanto à delimitação das áreas de risco conforme anexo I da NR-10 conforme figura 28.

Para uma tensão de 380Vca, a Zona de Risco (ZR) possui um raio de 20cm e a Zona Controlada (ZC) possui um raio de 70cm. Devido ao espaço reduzido dentro do *container*, estas delimitações ficariam comprometidas.



Figura 28 – Sinalização ausente.
Fonte: Própria.

5 CONCLUSÕES

Conforme os dados levantados em campo, notou-se que este tipo de ambiente (*container* utilizado em telecomunicações) não está totalmente preparado, de acordo com a NR-10, para prevenir acidentes com eletricidade de profissionais que, por ventura, venham a executar atividades nos equipamentos lá instalados. Percebeu-se que não há padronização nos projetos de instalações elétricas, pois foram encontrados equipamentos que atendiam as normas em alguns *containers* e não atendiam em outros; notou-se tal ocorrência com os bancos de baterias e quadro de distribuição, por exemplo. Tal cenário, atrelado ao fato de que não havia projetos disponíveis leva a concluir que se faz necessária revisão das condições de trabalho nestes ambientes.

O melhor cenário para esta situação é a padronização dos equipamentos e a separação dos equipamentos de fornecimento de energia, dos equipamentos de telecomunicações e refrigeração, em outra sala projetada única e exclusivamente para tal fim, desta forma, somente profissionais autorizados teriam acesso. Tal manobra implica em gastos e tempo.

Contudo, para sanar de imediato tal situação, recomenda-se sinalizar a área de acesso ao interior do *container* e informar os perigos que tal ambiente representa para a segurança. Outro item não menos importante é atender o anexo I da NR-10 indicando a Zona de Risco (ZR) próxima aos QDG's e UR's, bem como, atentar para os requisitos da NR-26 utilizando-se de sinalizações para indicar circuitos com perigo de choque elétrico, dificultar e delimitar as áreas de acesso aos circuitos energizados.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, Aguinaldo Bizzo de. **Arcos Elétricos**. Agudo-SP: DPST - Desenvolvimento e Planejamento em Segurança do Trabalho - ENGENHARIA, CONSULTORIA E TREINAMENTO. Disponível em: < <http://dc363.4shared.com/doc/1fMliQ3z/preview.html> >. Acesso em: 26 de março de 2013 21:35.

ANATEL - Agência Nacional de Telecomunicações. Disponível em: < <http://www.anatel.gov.br/Portal/exibirPortalInternet.do> >. Acessado em: Dezembro de 2012.

BARROS, Benjamim Ferreira de, et al. **NR-10 Norma Regulamentadora de Segurança em Instalações e Serviços de Eletricidade: Guia Prático de Análise e Aplicação**. 1ª Edição. São Paulo: Erica, 2010.

BIASSI, Ronaldo Sérgio de (Ph.D.). **Princípios e Aplicações da Eletrônica, Volume 1 (título original norte-americano: Basic Electricity/Electronics)**. 6ª ed. Rio de Janeiro: Record, 1980.

CÁCERES, P. G. G. **Análise dos Procedimentos, Equipamentos e Medidas de Segurança na Manutenção de Transformadores em uma Pequena Central Hidrelétrica no Paraguai**. 2011. 57 f. Monografia (Especialização em Engenharia de Segurança do Trabalho) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2011.

CAMINHA, A.C. **Introdução à Proteção dos Sistemas Elétricos**. São Paulo: Edgard Blücher, 1977. Disponível em: < http://www.uninove.br/PDFs/Publicacoes/exacta/exactav5n1/exacta_v5n1_3l21.pdf >. Acessado em: 13 de janeiro de 2013.

CARNEIRO, E. F. **O Eletrocardiograma**. 2ª ed. Rio de Janeiro: Edição do autor, 1998. Disponível em: < http://www.uninove.br/PDFs/Publicacoes/exacta/exactav5n1/exacta_v5n1_3l21.pdf >. Acessado em: 13 de janeiro de 2013.

CPN/SP – Comissão Tripartite Permanente de Negociação do Setor Elétrico no Estado de São Paulo. **Manual de Treinamento. Curso Básico Segurança em Instalações e Serviços com Eletricidade – NR 10**. Gestão 2004/2005. São Paulo. 2004

COTRIM, Ademaro A. M. B. **Instalações Elétricas**. 4ª Edição. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2003. Disponível em: < http://www.uninove.br/PDFs/Publicacoes/exacta/exactav5n1/exacta_v5n1_3l21.pdf >. Acessado em: 13 de janeiro de 2013.

GARCIA, E. A. C. **Biofísica**. São Paulo: Salver, 2002. Disponível em: < http://www.uninove.br/PDFs/Publicacoes/exacta/exactav5n1/exacta_v5n1_3l21.pdf >. Acessado em: 13 de janeiro de 2013.

GIL, Antonio Carlos. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 1999.

GUYTON, A.C.; HALL, J.E. **Tratado da Fisiologia Médica**. 10ª ed. Rio de Janeiro: Guanabara, 2002. Disponível em: < http://www.uninove.br/PDFs/Publicacoes/exacta/exactav5n1/exacta_v5n1_3l21.pdf >. Acessado em: 13 de janeiro de 2013.

HENRIQUES, Ana Maria Junqueira; MARTINS, Virgílio Antonio. **Implantação de Estação Rádio Base (ERBs)**. 2009. Disponível em: < <http://www.teleco.com.br/tutoriais/tutorialerb/default.asp> >. Acessado em: 22 de fevereiro de 2013.

HOSPITAL SANTA MÔNICA. **Primeiros Socorros – Parada Cardiorrespiratória**. Disponível em: < <http://www.hospitalsantamonica.org/index.php/espaco-saude/primeiros-socorros/parada-cardiorrespiratoria> >. Acessado em: 14 de janeiro de 2013.

KILDERMANN, G. **Choque Elétrico**. Porto Alegre: Sagra, 1995. Disponível em: < http://www.uninove.br/PDFs/Publicacoes/exacta/exactav5n1/exacta_v5n1_3l21.pdf >. Acessado em: 13 de janeiro de 2013.

LOURENÇO, S. R.; SILVA, T. A. F.; FILHO, S. C. S. **Um Estudo sobre os Efeitos da Eletricidade no Corpo Humano sob a Égide da Saúde e Segurança do Trabalho**. São Paulo: Exacta, Vol. 5, N° 1, p. 135-143, 2007. Disponível em: < http://www.uninove.br/PDFs/Publicacoes/exacta/exactav5n1/exacta_v5n1_3l21.pdf >. Acessado em: 13 de janeiro de 2013.

MALUF, Augusto José; MARTINS, Virgílio Antonio. **Infraestrutura de Sistemas de Energia CA em Sites de Telecomunicações**. 2004. Disponível em: < <http://www.teleco.com.br/tutoriais/tutorialenergca/default.asp> >. Acessado em: 18 de março de 2013.

MARQUES, Domiciano. **Choque Elétrico**. Disponível em: < <http://www.brasilecola.com/fisica/choques-eletricos.htm> >. Acessado em: 14 de janeiro de 2013.

MARTINS, Virgílio Antonio; MALUF, Augusto José. **Infraestrutura de Sistemas de Energia CC em Sites de Telecomunicações**. 2004. Disponível em: < <http://www.teleco.com.br/tutoriais/tutorialenergia/default.asp> >. Acessado em: 07 de abril de 2013.

MATSUMOTO, Ricardo Seiji; SANTOS, Erick Waghetti. **DIBB – Dimensionador de Banco de Baterias**. 2010. 43 f. Monografia (Graduação do Curso de Engenharia Elétrica) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2010.

MATTOS, Ricardo Pereira de. **Choque Elétrico**. Sociedade Brasileira de Engenharia de Segurança do Trabalho – Sobes. 2009. Disponível em: < <http://sobes.org.br/site/wp-content/uploads/2009/08/choque.pdf> >. Acessado em: 13 de janeiro de 2013.

MTE-1 – Ministério do Trabalho e Emprego. **NR-10 – Segurança em Instalações e Serviços em Eletricidade**. Disponível em: < [http://portal.mte.gov.br/data/files/8A7C816A38CF493C013906EC437E23BF/NR-10%20\(atualizada\).pdf](http://portal.mte.gov.br/data/files/8A7C816A38CF493C013906EC437E23BF/NR-10%20(atualizada).pdf) >. Acessado em: Março de 2013.

MTE-2 – Ministério do Trabalho e Emprego. **Manual de Auxílio na Interpretação e Aplicação da NR10 – NR10 Comentada**. Disponível em: < http://www.mte.gov.br/seg_sau/manual_nr10.pdf >. Acessado em: 08 de abril de 2013.

OLIVEIRA, Emanuelle. **Estudo de Caso**. Disponível em: < <http://www.infoescola.com/sociedade/estudo-de-caso/> >. Acessado em: 20 de janeiro de 2013.

SANTOS, Tônia Amanda Paz dos. **Entendendo a NR-10 (Introdução)**. 15 de junho de 2011. Disponível em: < <http://maesso.wordpress.com/2011/07/15/entendendo-a-nr-10-introducao/> >. Acessado em: 31 de janeiro de 2013.

SOARES, Marcos. **MSPC Informações Técnicas – Circuitos Elétricos I-10: Correntes Contínuas**. 2013. Disponível em: < <http://www.mspc.eng.br/elemag/celetr0110.shtml> >. Acessado em: 07 de abril de 2013.

VASCONCELOS, J.C. **Sistemas de Energia DC. Baterias em Telecom**. 2005 Disponível em: < <http://www.teleco.com.br/pdfs/tutorialbateria.pdf> >. Acessado em: 24 de março de 2013.

VIEIRA, Sebastião Ivone. **Manual de saúde e segurança do trabalho**. 2ª Edição. São Paulo: LTr, 2008.

YIN, Roberto K. **Estudo de caso: planejamento e métodos**. 2ª Ed. Porto Alegre. Editora: Bookmam. 2001.