

**CENTRO UNIVERSITARIO DE BELO HORIZONTE
INSTITUTO DE ENGENHARIA E TECNOLOGIA - IET**

**MÁRIO SÉRGIO DIOGO TRINDADE
SEBASTIÃO RODRIGO DE ALVARENGA**

Sistema Externo de Proteção Contra Descargas Atmosféricas

**BELO HORIZONTE
NOVEMBRO – 2013**

MÁRIO SÉRGIO DIOGO TRINDADE

SEBASTIÃO RODRIGO DE ALVARENGA

Sistema Externo de Proteção Contra Descargas Atmosféricas

Projeto de Pesquisa apresentado ao Instituto de Engenharia e Tecnologia do Centro Universitário de Belo Horizonte, como requisito para a aprovação na disciplina Trabalho Final de Curso I: Projeto de Pesquisa em Engenharia Elétrica ou Engenharia de Telecomunicações.

Área de Concentração:

Orientador: Prof^(o). Mário Henrique dos Santos

Co-Orientador(a): Prof^(a). Janaina Guernica Silva

BELO HORIZONTE

NOVEMBRO – 2013



CENTRO UNIVERSITÁRIO DE BELO HORIZONTE
Instituto de Engenharia e Tecnologia - IET
Campi Estoril

Trabalho Final de Conclusão de Curso Intitulado Sistema Externo de Proteção Contra Descargas Atmosféricas, de autoria do(s) aluno(s) MÁRIO SÉRGIO DIOGO TRINDADE e SEBASTIÃO RODRIGO DE ALVARENGA, aprovado pela banca examinadora constituída pelos seguintes professores:

Prof. Ms/Dr/PhD. (nome do membro da banca)
Orientador

Prof. Ms/Dr/PhD. (nome do membro da banca)

Prof. Ms/Dr/PhD. (nome do membro da banca)

Belo Horizonte, 04 de dezembro de 2013.

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho, aos meus pais: Geraldo Corsino Trindade e Maria da Conceição Diogo Trindade, pelas contínuas contribuições, nos mais diferentes aspectos da vida.

A minha esposa Elisabeth Barbosa Nogueira Trindade, pelo apóio às atividades diárias e empreitadas assumidas.

Mário Sérgio Diogo Trindade

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho aos meus pais, Sebastião Vieira de Alvarenga Filho e Maria Sant'ana de Alvarenga por conceder um ambiente favorável ao crescimento pessoal e profissional, por apoiar e estarem sempre juntos nos momentos mais difíceis, aos meus irmãos e irmãs por acreditar sempre no meu potencial, apoiar e estarem sempre juntos nesta jornada.

A minha noiva Gláucia Renata Martins, por estar sempre presente nas horas mais difíceis de minha vida, dando forças para poder seguir em frente.

Sebastião Rodrigo de Alvarenga

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar agradeço a Deus, que transformou esse sonho em realidade, me dando forças e mostrando o caminho a seguir em cada momento. A minha família, que ao longo da minha vida tem sido meu porto seguro, apoio e conforto, especialmente a minha esposa, companheira de todos os momentos e inspiração por sua perseverança e força.

Aos Professores, Coordenadores e Orientadores deste trabalho que mostraram dedicação e sabedoria a todas as dúvidas apresentadas. Aos meus colegas de classes que aprendemos juntos a crescer, apresentando ótimos trabalhos que foram essenciais para nosso crescimento.

Além disso, agradeço ao meu amigo e irmão Sebastião, não só pela dedicação a este trabalho, mas por todo companheirismo ao longo do nosso curso.

Mário Sérgio Diogo Trindade

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por me iluminar e abençoar minha trajetória. A minha família, pelo apoio e por tudo que sempre fizeram por mim, pela simplicidade, exemplo, amizade, e carinho, fundamentais na construção do meu caráter.

Especialmente a minha noiva, pacientemente sempre me dando conselhos, força, coragem e incentivo nas horas mais difíceis.

Aos Professores, Supervisores, Coordenadores e Orientadores deste trabalho que mostraram dedicação e sabedoria a todas as dúvidas apresentadas. Aos meus colegas de classes que aprendemos juntos a crescer, apresentando ótimos trabalhos que foram essenciais para nosso crescimento.

E por último, e não menos importante, o meu muito obrigado ao meu amigo de projeto:

Mario,

Sem você nada disso seria possível.

Sebastião Rodrigo de Alvarenga

RESUMO

Como vivemos em um país tropical, onde a incidência de Descargas Atmosféricas (DAS) tem um nível elevado, os danos causados pelas mesmas podem gerar grandes prejuízos, se atingirem uma edificação ou um ser humano.

Como não podemos prever nem onde e quando ocorrerá esse fenômeno da natureza, é de suma importância minimizar os possíveis danos causados por ele. Nesse trabalho iremos propor a implantação de um Sistema de Proteção contra Descargas Atmosféricas (SPDA) em um dos prédios do UNI-BH, com o objetivo de proteção tanto da edificação, quanto das pessoas que a frequentam.

Palavras Chave: Descargas Atmosféricas (OU DAS), SPDA, UNI-BH.

ABSTRACT

As we live in a tropical country where the incidence of Lightning (DAS) has a high level, the damage caused by them can generate large losses, achieving a building or a human.

Since we can not predict or where and when this phenomenon occurs in nature, is of paramount importance to minimize the potential damage caused by it.

In this work we propose the implementation of a System Lightning Protection (SPDA) in one of the buildings of the UNI-BH, in order to protect both the building, the people who attend.

Keywords: Lightning (OR), SPDA, UNI-BH.

LISTAS DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1.	Nuvem carregada eletricamente	12
Figura 2.	Descarga elétrica entre a nuvem e a terra.....	12
Figura 3.	Descarga descendente, com um piloto ascendente	13
Tabela 1.	Número de descidas	14
Tabela 2.	Definição da largura de módulo de proteção e espaçamento das descidas	16
Figura 4.	Captação do Método Eletrogeométrico	17
Figura 5.	Captor tipo Franklin	18
Figura 6.	Captor tipo Gaiola de Faraday	19
Tabela 3.	Número de descidas	19
Figura 7.	Medição da resistividade do solo	21
Figura 8.	Caixa de Equipotencialização	23
Tabela 4.	Nível de proteção X Tipo de edificação	24
Tabela 5.	Nível de Eficiência do SPDA	25
Tabela 6.	Bitola dos Condutores	25
Tabela 7.	Ângulo do Captor Franklin	26

LISTAS DE ABREVIATURAS E SIGLAS

SPDA - Sistema de Proteção contra Descargas Atmosféricas;

DAS - Descargas atmosféricas;

Ncd - número de condutores de descidas;

Pco - perímetro da construção ,em m;

Dcd- Espaçamento entre os condutores de descidas;

Rp - raio da base do cone de proteção, em m;

Hc - altura da extremidade do captor, em m;

Tg α - ângulo de proteção com a vertical;

CNEN - Comissão Nacional de Energia Nuclear;

DPS - Dispositivo de Proteção de Surtos;

QA - Quadro de Aterramento;

QD - Quadro de Distribuição;

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	10
1.1. PROBLEMA DE PESQUISA	10
1.2. OBJETIVOS	10
1.2.1. OBJETIVO GERAL	10
1.2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	111
1.3. JUSTIFICATIVA	111
2. REFERENCIAL TEÓRICO	122
2.1. DESCARGA ATMOSFÉRICA	122
2.2. S.P.D.A.	144
2.2.1. MÉTODOS DE PROTEÇÃO CONTRA DESCARGAS ATMOSFÉRICAS	Er
ro! Indicador não definido.4	
2.2.1.1. MÉTODO DE FRANKLIN	205
2.2.1.2. MÉTODO DE FARADAY	17
2.2.1.3. MÉTODO DA ESFERA ROLANTE, ELETROGEOMÉTRICO OU ESFERA FICTÍCIA	18
2.3. COMPONENTES DE UM SPDA	19
2.3.1 CAPTAÇÃO	19
2.3.2 CAPTORES FRANKLIN	20
2.3.3 CAPTORES TIPO GAIOLA DE FARADAY	20
2.3.4 DESCIDAS	21
2.3.5 ANÉIS DE CINTAMENTO	23
2.3.6 SISTEMA DE ATERRAMENTO	23
2.3.7 RESISTIVIDADE DO SOLO	24
2.3.8 A MEDIÇÃO DA RESISTÊNCIA	24
2.3.9 REDUÇÃO DA RESISTÊNCIA DE TERRA	25
2.3.10 EQUALIZAÇÃO DE POTENCIAIS INTERNOS	26
2.3.11 DISPOSITIVO DE PROTEÇÃO DE SURTOS	27
2.4 SELEÇÃO DO NÍVEL DE PROTEÇÃO	28
2.5 SELEÇÃO DE MATERIAL DOS CONDUTORES DE DESCIDAS E DEFINIÇÃO DE SUAS SEÇÕES	30
3. METODOLOGIA	31
3.1. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	31
3.2. IMPLANTAÇÃO: NORMAS E LEIS SOBRE O S.P.D.A.	36
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	369
4.1. CAPTAÇÃO	39
4.2. DESCIDAS	40
4.3. CONDUTORES DE ATERRAMENTO	40
4.4. CAIXA DE EQUIPOTENCIALIZAÇÃO	40
4.5. DISPOSITIVO DE PROTEÇÃO CONTRA SURTOS	40
4.6. OUTROS COMPONENTES DO SISTEMA	41
5. CONCLUSÃO	42
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	43
7. APÊNDICES	44

7.1. MEMÓRIA DE CALCULO.....	44
7.1.1. NECESSIDADE DO SPDA	44
7.2. ANEXO PROJETO DO SPDA DO PREDIO A4 UNIBH	46
8. ANEXOS	47
8.1. PARA-RAIOS RADIOATIVOS	47
8.1.1. IDENTIFICANDO UM PÁRA-RAIO RADIOATIVO	48
8.1.2 COMO PROCEDER PARA RETIRAR UM PÁRA-RAIO RADIOATIVO E COMO ENCAMINHA-LOS	48
8.1.1.1. ANEXO 1	50
8.1.1.2. ANEXO 2	50
8.1.1.3. ANEXO 1	52
8.2. NORMA REGULAMENTADORA 10 (NR 10)	53
8.2.1. OBJETIVO E CAMPO DE APLICAÇÃO	53
8.2.2. MEDIDAS DE CONTROLE.....	53
8.2.3. SEGURANÇA EM PROJETOS	56
8.2.4. SEGURANÇA NA CONSTRUÇÃO, MONTAGEM, OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO	58

1. INTRODUÇÃO

As descargas atmosféricas são encontros de nuvens carregadas que se “chocam”, formando um campo dielétrico denominado raio. Esse fenômeno natural é recorrente em todo o planeta e pode trazer riscos tanto a instalações elétricas, quanto aos seres vivos, trazendo danos que vão desde uma linha de transmissão, até à integridade física do ser humano. Apesar de todos os estudos e avanços em novas tecnologias, ainda não é possível prever aonde um raio irá cair, ou até mesmo evitar o seu acontecimento.

Para minimizar os danos causados por esse fenômeno da natureza, será “sugerido” um sistema de proteção contra descargas atmosféricas (SPDA). Um SPDA é composto por um conjunto de elementos externos, como sistema de captadores, sistema de descida, sistema de aterramento e etc., além de elementos internos destinados a uma maior proteção e redução dos efeitos elétricos e magnéticos dentro do local a se proteger, causados pela corrente de descida de uma DAS (dispositivos de proteção contra surtos, sistema de ligações equipotenciais, etc.).

O trabalho pretende verificar a necessidade real deste dispositivo quanto ao nível de proteção necessária, para o tipo de SPDA. Assim, será definido com precisão um sistema de proteção contra descargas atmosféricas que atenda as características do local, alcançando assim o máximo de proteção possível.

1.1. PROBLEMA DE PESQUISA

O que o Sistema de Proteção contra Descargas Atmosféricas irá oferecer em eficácia na proteção contra as descargas atmosféricas ocorrentes nos centros urbanos?

1.2. OBJETIVOS

1.2.1. OBJETIVO GERAL

Analisar a necessidade da implantação de um sistema de proteção contra descargas atmosféricas, verificar qual tipo melhor se encaixa no local e sua eficiência, além de desenvolver um projeto de um SPDA,

1.2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Propor a implantação de um SPDA em uma das edificações do Centro Universitário de Belo Horizonte (UNI- BH);
- Propor soluções para melhorias no sistema.

1.3. JUSTIFICATIVA

Esse trabalho vem salientar sobre o funcionamento do sistema SPDA, que traz uma reflexão nos impactos que envolvem o meio ambiente, a sociedade, as empresas, comunidade científica e pesquisadora.

O sistema SPDA, propicia a redução de danos ao meio ambiente o que se refere às queimadas de árvores, animais e equipamentos sucateados; para a sociedade a proteção contra descargas atmosféricas (SPDA), reduz consideravelmente os perigos e riscos de danos ao patrimônio e às pessoas, pois captam os raios que atingem diretamente o local.

Para isso é necessário contar com o apoio das empresas que se preocupam com a necessidade do SPDA, pois elas não terão prejuízo com os efeitos das descargas atmosféricas que podem causar danos diretos e indiretos.

Sendo assim, a pesquisa científica irá viabilizar uma fonte confiável de informações para todos que interessarem no assunto SPDA, que a princípio é muito restrito no Brasil, em relação à área elétrica.

Portanto, o conhecimento adquirido em cada etapa desta pesquisa trouxe uma grande evolução científica para os envolvidos, por demonstrar que a temática dessa área é importante para todos que estão envolvidos com o sistema de proteção contra descargas atmosféricas, que trouxe uma intensa pesquisa e leitura de artigos e livros.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. DESCARGA ATMOSFÉRICA

O raio é um fenômeno da natureza que desde os primórdios intrigou a humanidade, mas hoje é completamente compreendido por ela (MAMEDE FILHO, 2011.).

Segundo Mamede Filho (2011), tudo começa com a evaporação da água, que forma grandes camadas de nuvens, que dependendo de alguns aspectos (temperatura, pressão, umidade do ar, velocidade dos ventos, etc.), se tornam eletricamente carregadas negativamente, a tal ponto que dão origem a uma descarga elétrica chamada descarga piloto, que partirá do interior da nuvem em direção ao solo, sempre buscando lugares de menor potencial elétrico.

Na figura1, vemos que a parte inferior da nuvem está carregada negativamente, o que leva a supor que ela induza uma concentração de cargas positivas no solo, ocupando uma área correspondente a da nuvem.

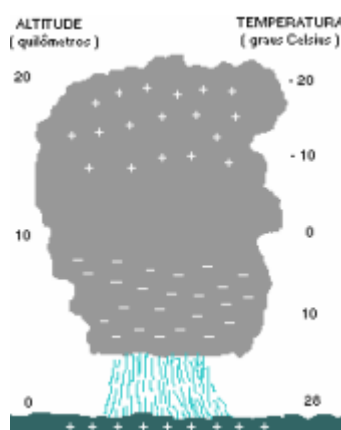


Fig.1 - Nuvem carregada eletricamente

Ocorre uma descarga piloto quando o potencial elétrico de uma nuvem carregada ultrapassa o valor de ruptura do dielétrico formado pelo ar, caracterizando um canal condutor ionizado, que caminha por sucessivos saltos em direção a terra. Depois de acontecer descarga piloto, um caminho ionizado da terra em direção à nuvem vai se formando até encontrar a descarga piloto, formando assim um caminho completo, dando origem à primeira descarga, o que possibilita um

retorno para a corrente (da terra para a nuvem), que terá uma grande intensidade.

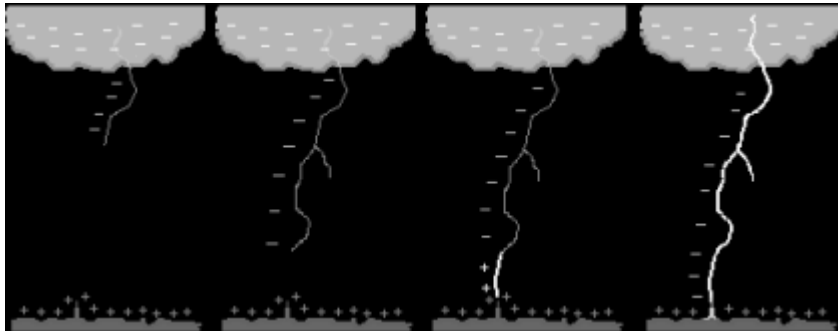


Fig. 2 - Descarga elétrica entre a nuvem e a terra.

Chegou-se a essa conclusão a partir de estudos de fotos, que revelaram uma linha quebrada descendente de trechos retilíneos, que possuíam orientações aleatórias. A orientação de cada novo trecho depende de aspectos naturais entorno de cada trecho.

O ponto de impacto da descarga atmosférica só é definido então no último salto, fechando o circuito condutor formado entre a nuvem e um ponto ligado a terra. Esse ponto funciona como captor da descarga.

A descarga atmosférica é a corrente de grande intensidade elétrica que parte da terra e irá neutralizar uma parcela da carga acumulada na nuvem, sendo que, se essa transferência de carga não for o suficiente, poderá, continuamente, cominar em uma nova descarga através do mesmo caminho condutor (O que joga por terra o ditado que um raio não cai duas vezes no mesmo lugar).



Fig. 3 - Descarga descendente, com um piloto ascendente para um ramo lateral da descarga.

Naturalmente, em locais mais elevados se tem uma incidência maior de DAS. A incidência também é alta, em terrenos mau condutores. Isso se dá porque a enorme D.D.P. entre o solo e a nuvem provoca a ionização do ar, que por sua vez diminui a distância de isolação entre a nuvem e o solo, fazendo com que, neste tipo de terreno, a nuvem e o solo formem um grande capacitor. Assim, há chance de uma descarga piloto penetrar a camada de ar desse capacitor, fazendo com que a descarga atinja esse terreno.

Vale lembrar que apesar de todos os avanços e pesquisas, o mesmo autor afirma que ainda não se pode prever a trajetória de um raio, sendo então impossível evitar a queda dos mesmos. Porém pode-se tomar algumas medidas para proteger o ser humano e suas edificações, deste fenômeno natural.

2.2. S.P.D.A.

O sistema de proteção contra descargas atmosféricas “começou” a ser desenvolvido no século XVIII, a partir dos estudos de Benjamin Franklin. Ele supôs que a descarga que saltava de um capacitor seria equivalente a uma descarga atmosférica, relâmpago e trovão. Para confirmar sua suposição, ele propôs a colocação de uma haste metálica e aproximar dela um corpo aterrado ao solo, a fim de descarregar a corrente que passará pela haste na terra (MAMEDE FILHO, 2011).

O autor, ressalta que no ano de 1752, Thomas François D’Alibard realizou o experimento idealizado por Franklin. Ao aproximar um fio aterrado à haste, ele observou que faíscas saltavam para o fio, comprovando assim a hipótese de Franklin e idealizando o princípio básico dos pára-raios.

A partir da ideia de Franklin, começou a ser desenvolvido o sistema que hoje chamamos de SPDA.

2.2.1. MÉTODOS DE PROTEÇÃO CONTRA DESCARGAS ATMOSFÉRICAS

Segundo Mamede Filho (2011), existe basicamente três métodos de proteção contra descargas atmosféricas, e são eles os métodos de Franklin, Esferas Rolantes e de Faraday.

2.2.1.1. MÉTODOS DE FRANKLIN

No método de Franklin, é instalado em uma haste vertical que proporciona um cone, cujo ângulo da geratriz varia segundo o nível de proteção desejado sobre as edificações, de modo que ela fique dentro da proteção.

A tabela abaixo fornece o ângulo máximo de proteção para uma altura da edificação não superior a 20m para o nível I. Cujo nível de proteção desejado e a correspondente altura, estejam assinalados por um asterisco (*), não deve ser protegido pelo método de Franklin, conforme (MAMEDE FILHO, 2011).

Nível de proteção	$h < 20(m)$	$20 < h < 30$ (m)	$30 < h < 45$ (m)	$45 < h < 59$ (m)
I	25°	*	*	*
II	35°	25°	*	*
III	45°	35°	25°	*
IV	55°	45°	35°	25°

Tabela 1 - Ângulo do Captor Franklin

Utilizando a propriedade das pontas metálicas de propiciar o escoamento das cargas elétricas para as atmosféricas, chamado poder das pontas, Franklin concedeu e instalou um dispositivo que desempenha esta função, que foi chamada de para-raios. As cargas elétricas, em vez de irromperem de um ponto qualquer do solo, são conduzidas até as pontas do para-raios (captor) através de um cabo de excelente condutividade elétrica (cabo de cobre), permitindo dessa forma, que as descargas sejam efetuadas através deste, propiciando a proteção das edificações dentro de um determinado raio de atuação.

O método de Franklin é recomendado para aplicação em edificações não muito altas e de pouca área horizontal, onde se pode utilizar uma pequena quantidade de captores, o que torna o projeto economicamente interessante.

Os projetos de instalação de para-raios pelo método de Franklin podem ser elaborados tomando-se a seguinte sequência de cálculo:

A zona de proteção oferece uma proteção dada por um cone cujo vértice correspondente à extremidade superior do captor, e cuja geratriz faz um ângulo de α° com a vertical, propiciando um raio de base do cone de valor dado pela equação abaixo:

$$R_p = H_c * \operatorname{tg} \alpha$$

Onde:

R_p - raio da base do cone de proteção em m.

H_c - altura da extremidade do captor, em m.

$\operatorname{Tg}\alpha$ - ângulo de proteção com a vertical.

Deve-se estabelecer uma proteção de borda da parte superior da edificação, através de um condutor compondo a malha de interligação dos captores.

O número de condutores de descidas deve ser em função do nível de proteção desejado e do afastamento entre os condutores de descidas:

$$N_{cd} = P_{co} / D_{cd}$$

Onde:

N_{cd} – número de condutores de descidas;

P_{co} - perímetro da construção em m;

D_{cd} - Espaçamento entre os condutores de descidas.

O método de Franklin também pode ser aplicado utilizando-se um cabo condutor fixado em duas ou mais estruturas com altura elevada. Pode-se observar que o volume a ser protegido é delimitado por um prisma cuja fase adjacente forma um ângulo, cujo valor deve satisfazer ao nível de proteção que se quer admitir, conforme a tabela acima.

As estruturas de suporte do cabo condutor devem conter no seu topo os captores do tipo Franklin com a respectiva descida e aterramento. Esse tipo de

configuração pode ser útil em áreas abertas que necessitam de proteção contra descargas atmosféricas.

2.2.1.2 MÉTODO DE FARADAY

Em edificações com grande área horizontal, seria necessário um grande número de captadores do tipo Franklin para garantir uma proteção confiável, o que tornaria o projeto muito caro. Nesses casos, implantaremos o método de Faraday.

Esse sistema consiste no lançamento de cabos sobre as estruturas de acordo com o nível de proteção exigido. Esse sistema funciona como uma blindagem eletrostática.

O funcionamento é baseado na teoria pela qual o campo eletromagnético é nulo no interior de uma estrutura metálica, (ou envolvida por uma superfície metálica ou por malha metálica) quando são percorridas por uma corrente elétrica de qualquer intensidade. A maior proteção que se pode alcançar utilizando o método de Faraday é construir uma estrutura e envolvê-la completamente com uma superfície metálica, o que obviamente não é uma solução aplicável.

Para se fazer uso do método é necessário conhecer as seguintes prescrições: A abertura da malha é em função do nível de proteções que se deseja adotar para uma estrutura;

Para se obter o mesmo nível de proteção oferecido pelo método de Franklin, devemos estabelecer a largura mínima do módulo das malhas de proteção, segundo a tabela abaixo:

Nível de proteção	Largura de módulo de proteção (m)	Espaçamento das descidas (m)	Eficiência
I	5	10	95 a 98%
II	10	15	90 a 95%
III	10	20	80 a 90%
IV	20	25	Até 80%

Tabela 2 - Definição da largura de módulo de proteção e espaçamento das descidas.

Quanto menor for à abertura da malha protetora, maior a proteção oferecida pelo método de Faraday;

Recomenda-se a instalação de captos auxiliares verticais com alturas de 50 cm ao longo dos condutores que compõem a malha protetora. Isso evita que o centelhamento (devido ao impacto da descarga atmosférica) danifique o material da cobertura;

O aterramento do sistema de proteção contra descarga atmosférica pode ser também executado tanto no interior da fundação de concreto armado da edificação, como através de malha de aterramento não natural;

Pode-se usar na construção das fundações uma barra de aço galvanizado de seção circular com 8 mm de diâmetro. Alternativamente, pode-se empregar uma fita de aço galvanizado, de dimensões de 25x4mm.

Deve-se evitar isolar as fundações contra a penetração de umidade, o que provocaria uma elevada resistência de contato com o solo natural, anulando dessa forma, a eficiência do sistema de aterramento.

O método de Faraday tem recebido a preferência nos projetos de SPDA, pelo fato de que pelo método de Franklin, a interligação entre as hastes e os suportes dos captos pode conduzir a uma malha no topo da construção de dimensões tais, que resultam praticamente nas dimensões necessária à aplicações do método de Faraday, (MAMEDE FILHO,2011).

2.2.1.3. MÉTODO DA ESFERA ROLANTE, ELETROGEOMÉTRICO OU ESFERA FICTÍCIA.

Como vimos anteriormente, Franklin e Gaiola de Faraday são sistemas compostos de materiais (mastros e cabos) instalados nas fachadas das edificações. Para saber se esses materiais estão corretamente posicionados e dimensionados, confirmando assim a eficiência do sistema projetado, pode-se adotar um modelo de cálculo chamado "método da esfera rolante", que consiste em fazer rodar uma esfera fictícia (com raio de acordo com a tabela) em todos os sentidos e direções sobre o topo e fachadas da edificação. O objetivo é fazer com que os mastros (Franklin) ou cabos (Gaiola) impeçam que a esfera toque a edificação. A esfera, neste caso, simula a ação do raio. Este é um método de cálculo e dimensionamento que, ao contrário do Franklin e Gaiola de Faraday,

não existe fisicamente.

O método da esfera rolante data da década de 80 e constitui uma evolução do método Franklin. Muito usado para proteção das linhas de transmissão de energia, o método foi simplificado para ser aplicado em edificações, servindo tanto para dimensionar o SPDA quanto para checar a proteção com relação a edificações vizinhas, desníveis e estruturas específicas, tais como antenas, placas de aquecimento solar, painéis de propaganda etc., normalmente colocadas no topo das edificações. O raio da esfera é adotado em função do nível de proteção selecionado (ver tabela) e corresponde à distância de encontro entre o líder ascendente e o líder escarpado.

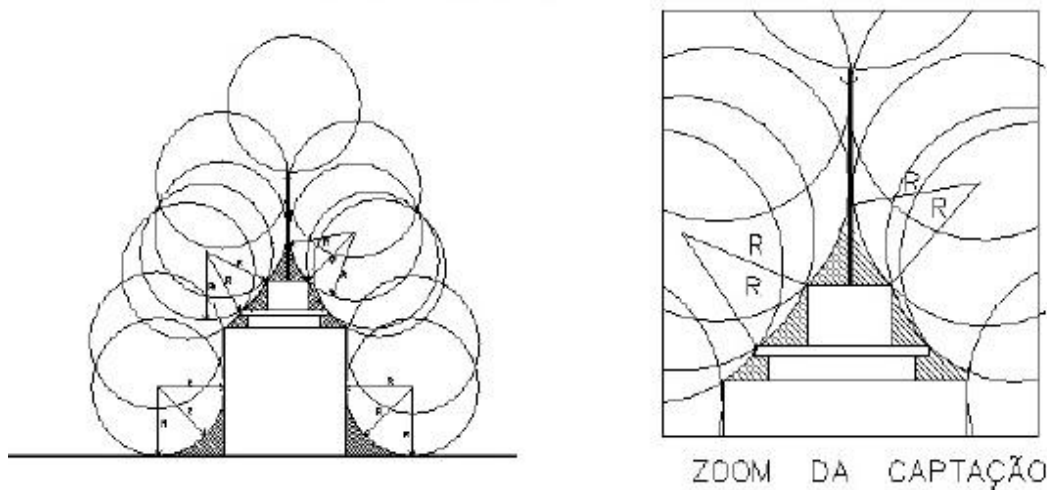


Fig.4 – Captação do Método Eletrogeométrico

2.3. COMPONENTES DE UM SPDA

2.3.1. CAPTAÇÃO

Tem como função receber as descargas que incidam sobre o topo da edificação e distribuí-las pelas descidas.

É composta por elementos metálicos, normalmente mastros ou condutores metálicos devidamente dimensionados.

Existem dois tipos de captação:

- Franklin
- Gaiola de Faraday

2.3.2. CAPTORES FRANKLIN

É constituído por uma haste metálica pontiaguda e rígida, de baixa resistividade, montada num tripé no ponto mais alto do local. O tripé é constituído por um tubo de cobre de 3 a 5 mm de diâmetro, de comprimento entre 1,5 a 2,5 m, e deve ser fixado a uma base metálica plana, que por sua vez é fixada à estrutura do local. Quando há uma nuvem carregada sob esta haste, há uma alta concentração de cargas elétricas na ponta desta, além de um campo elétrico de alta intensidade. Isto faz com que o ar fique ionizado, fazendo com que a descarga atmosférica seja atraída até o captor. Conforme (MAMEDE FILHO, 2011).



Figura 5 – Captor tipo Franklin

2.3.3. CAPTOR TIPO GAIOLA DE FARADAY

São elementos metálicos em forma de haste de pequeno comprimento conectados às malhas captoras instaladas na parte superior das edificações, dimensionados nos projetos SPDA que utilizam o método de Gaiola de Faraday. São cabos de cobre ou alumínio conectados em forma de malhas nas grandes superfícies horizontais das edificações, conforme (MAMEDE FILHO, 2011).

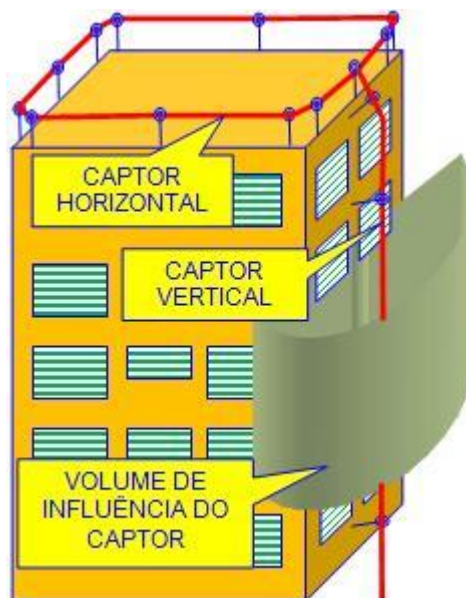


Figura 6 - Captor tipo Gaiola de Faraday

2.3.4. DESCIDAS

Recebem as correntes distribuídas pela captação, encaminhando-as rapidamente para o solo.

Para edificações com altura superior a 20 metros têm também a função de receber descargas laterais, assumindo neste caso também a função de captação devendo os condutores ser corretamente dimensionados para tal.

O Número de descidas deve seguir o espaçamento médio máximo exigido pelo nível de proteção:

Nível	Espaçamento Máximo
I	10 m
II	15 m
III	20 m
IV	25 m

Tabela 3 – Número de descidas

Sendo que o número mínimo de descidas exigido pela norma é de dois. É importante lembrar que o perímetro do prédio dividido pelo espaçamento da Tabela 3 resulta no número mínimo de descidas.

A corrente do raio tem como tendência, ir para a terra pelo lado externo da estrutura e pelo caminho mais curto possível (menor indutância), portanto as descidas não devem formar laços que aumentem sua indutância e possam dar origem a descargas perigosas, principalmente em locais de risco (sujeitos a incêndio).

O cálculo da possibilidade de descarga é o mesmo usado para o cálculo da distância de segurança. As descidas devem ainda passar equidistantes de toda tubulação de cabo interna da estrutura, pois podem provocar indução nos mesmos, lembramos ainda que os eletrodutos devem passar a uma distância segura das descidas.

Para a fixação dos condutores de descidas, desde a década de 70, já se utiliza a fixação direta na parede sem distanciador, pois se verificou que o dano provocado na parede com ou sem distanciador é praticamente o mesmo e a estética é melhor, permitindo o uso de condutores de descida em forma de barra chata, cantoneiras, ou outros perfis existentes na estrutura.

Uma vez ter sido captada pelo captor a descarga atmosférica deverá ser conduzida ao sistema de aterramento pelos condutores de descida (cabo de descida) onde o número de condutores utilizados, o distanciamento entre eles e a respectiva seção transversal deverão ser escolhidos de maneira que:

- Os Condutores suportem térmica e mecanicamente as correntes e os respectivos esforços;
- Não hajam descargas laterais;
- Os campos eletromagnéticos sejam mínimos;
- Não haja risco para as pessoas próximas;
- Não haja danos às paredes;
- Os materiais usados resistam as intempéries e a corrosão.

Para isto devemos de preferência utilizar os caminhos mais curtos e retilíneos possível para conduzir a descarga atmosférica, além disto devem ser utilizados condutores de cobre, alumínio ou aço galvanizado a quente.

Deve-se ainda tomar cuidado com o contato de materiais diferente no mesmo projeto, como Cobre/Alumínio e Cobre/aço galvanizado. Eles oxidam em condições diferentes. Pode se evitar isso, colocando uma proteção extra nestes contatos para proteger da corrosão.

A seção transversal mínima especificada pelas normas é a calculada pelos efeitos térmicos e eletrodinâmicos causados pela passagem da corrente das descargas atmosféricas. A temperatura limite considerada foi de 500°C, levados em consideração os maiores valores de corrente e a resistência dos condutores. Para edificações até 20m as seções mínimas são: 16mm² para cobre, 35mm² para alumínio e 50 mm² para o aço galvanizado.

Para edificações superiores a 20m as seções mínimas são: 35mm², 50mm² e 70 mm² respectivamente.

2.3.5. ANÉIS DE CINTAMENTO

Os anéis de cintamento assumem duas importantes funções.

A primeira é equalizar os potenciais das descidas minimizando assim o campo elétrico dentro da edificação.

A segunda é receber descargas laterais e distribuídas pelas descidas. Neste caso, também deverão ser dimensionadas como captação.

Sua instalação deverá ser executada a cada 20 metros de altura interligando todas as descidas.

2.3.6. SISTEMA DE ATERRAMENTO

O sistema de aterramento recebe as correntes elétricas das descidas e as dissipam no solo.

Tem também a função de equalizar os potenciais das descidas e os potenciais no solo, devendo haver preocupação com locais que são frequentados por pessoas, minimizando as tensões de passo nos mesmos.

Para um bom dimensionamento da malha de aterramento, é imprescindível a execução prévia de uma prospecção da resistividade de solo, e se necessário, correções em locais onde possa haver grandes diferenças na resistividade são possíveis.

2.3.7. RESISTIVIDADE DO SOLO

É a característica do solo que vai determinar sua resistividade, que pode ser definida como a resistência entre faces opostas de um cubo de aresta unitária construído com material retirado do local (para laboratório) ou podemos medir com instrumento chamando TERRÔMETRO (Método de Wenner) com quatro terminais (duas de corrente e duas de tensão), separadas eqüidistantes uns dos outros e podemos calcular a resistividade pela formula a seguir:

$$\rho = 2 \cdot \pi \cdot a \cdot R$$

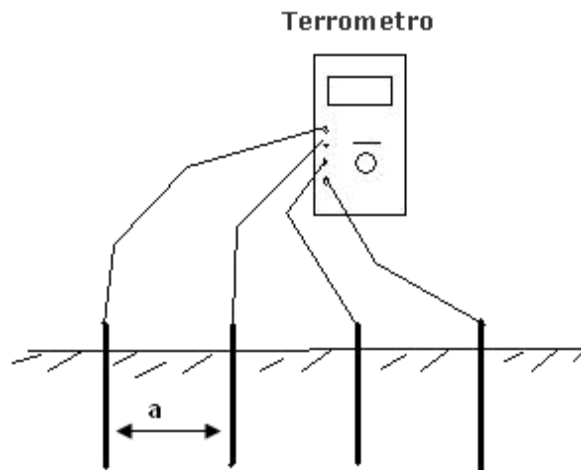


Figura 7 – Medição da resistividade do solo

Quando a distância *a* for pequena, a resistividade corresponde às primeiras camadas do terreno, à medida que a distância entre as hastes vai sendo aumentada, vão sendo incluídas as camadas inferiores, para efeito de padronização são utilizadas distâncias de 2,4,8,16,32,64 e 128 metros e são realizadas medições em várias direções no terreno, e o resultado é tratado por Sws através de processos gráficos.

2.3.8. A MEDIÇÃO DA RESISTÊNCIA

A resistência de terra pode ser medida por um instrumento desenvolvido para esta atividade chamado TERRÔMETRO (Figura 7).

Este equipamento existe em duas versões, com três ou quatro terminais, para medirem resistência e resistividade respectivamente, ele têm uma fonte de tensão própria e a leitura pode ser analógica ou digital.

A medida é feita colocando-se as hastes a distancias padronizadas pelo fabricante do equipamento (geralmente dentro da relação 30/50 ou 40/60 metros). Estas distâncias são grandes para se levar em conta às camadas inferiores do terreno, depois se medem a escala de tensão, em seguida o valor ôhmico do terreno.

O Valor medido deve estar dentro do máximo pedido pela norma (menor que 6 ohms).

Caso o valor medido seja superior deve-se tentar redução por um dos métodos estudados a seguir.

2.3.9. REDUÇÃO DA RESISTÊNCIA DE TERRA

Para se reduzir a resistência de terra, deve-se usar um dos seguintes métodos abaixo:

➤ **HASTES PROFUNDAS**

Existem no mercado, hastes que podem ser prolongadas por buchas de união; o instalador vai cravando as secções através de um martetele e medindo a resistência até chegar ao valor desejado. Além do efeito do comprimento da haste tem-se uma redução da resistência pela maior umidade do solo nas camadas mais profundas, sendo que não devem ultrapassar a 18 metros de profundidade, pois causariam indutância elevada.

➤ **SAL PARA MELHORAR A CONDUTIVIDADE DO SOLO**

Este método permite obter resistências mais baixas; o inconveniente é que o sal (normalmente o NaCl) se dissolve com a água da chuva e o tratamento que ser renovado a cada 2 ou 3 anos ou ainda menos dependendo das características do terreno.

➤ **TRATAMENTO QUÍMICO**

Neste método o eletrodo é mantido úmido por um GEL que absorve água durante o período de chuva e a perde lentamente no período de seca, deve-se tomar cuidado no uso deste método com o uso de hastes de aço galvanizado devido o ataque corrosivo. No Brasil é conhecido pelo nome do Fabricante + gel, Ex: Aterragel, Ericogel, Laborgel, Etc.

➤ **USO DE ELETRODOS EM PARALELO**

Quando os eletrodos são verticais pode-se colocar hastes a uma distância no mínimo igual ao comprimento, em disposição triangular, retilínea, quadrangular ou circular. A distância mínima está relacionada com a interferência entre o mesmo e sua redução.

2.3.10. EQUALIZAÇÃO DE POTENCIAIS INTERNOS

Nas descidas, anéis de cintamento e aterramento, já foram mencionadas as equalizações de potenciais externos.

Vamos agora abordar as equalizações de potenciais internos, ou seja, a equalização dos potenciais de todas as estruturas e massas metálicas que poderão provocar acidentes pessoais, faíscamentos ou explosões.

No nível do solo e dos anéis de cintamento (a cada 20 metros de altura), deverão ser equalizados os aterramentos do neutro da concessionária elétrica, do terra da concessionária de telefonia, outros terras de eletrônicos e de elevadores (inclusive trilhos metálicos), tubulações metálicas de incêndio e gás (inclusive o piso da casa de gás quando houver), tubulações metálicas de água, recalque, etc.

Para tal deverá ser definido uma posição estratégica para instalação de uma caixa de equalização de potenciais principal (LEP / TAP) que deverá ser interligada à malha de aterramento. A cada 20 metros de altura deverão ser instaladas outras caixas de equalização secundárias, conectadas às ferragens estruturais, e interligadas através de um condutor vertical conectado à caixa de aterramento principal.

A ligação da caixa de equalização bem como as tubulações metálicas poderão ser executadas com cabo de cobre 16mm² antes da execução do contrapiso dos apartamentos localizados nos níveis dos anéis de cinto.

A amarração das diferentes tubulações metálicas poderá ser executada por fita perfurada niquelada (bimetálica) que possibilita a conexão com diferentes tipos de metais e diâmetros variados, diminuindo a indutância do condutor devido à sua superfície chata.



Figura 8 - Caixa de Equipotencialização

2.3.11. DISPOSITIVO DE PROTEÇÃO DE SURTOS

Dispositivo de proteção contra surtos (DPS) ou "supressor de surto" é um dispositivo destinado a proteger os equipamentos elétricos contra picos de tensão geralmente causados por descargas atmosféricas na rede da concessionária de energia elétrica. Um DPS regula a tensão, fornecida a um dispositivo elétrico, em geral, absorvendo e também curto-circuitando para terra as tensões que ultrapassam um limite de segurança.

A instalação de DPS é obrigatória. A norma ABNT 5410/2004, em seu item 5.4.2.1 estabelece que todas as edificações dentro do território brasileiro, que forem alimentadas total ou parcialmente por linha aérea, e se situarem onde há a ocorrência de trovoadas em mais de 25 dias por ano, devem ser providas de DPS; (Zona de influências externas AQ2).

Quando partes da instalação estão situadas no exterior das edificações, expostas a descargas diretas, (Zona de influências externas AQ3) o DPS também é obrigatório.

2.4. SELEÇÃO DO NÍVEL DE PROTEÇÃO

Um SPDA é definido de acordo com o nível de proteção ideal para o tipo de edificação onde será instalado. Através da tabela, devemos selecionar o nível de proteção exigido para o local.

A NBR – 5410/2001 define quatro níveis de proteção, que podem ser relacionados resumidamente com as estruturas a seguir:

- **Nível I**: Destinado às estruturas nas quais uma falha do sistema de proteção pode causar danos às estruturas vizinhas ou ao meio ambiente.
- **Nível II**: Destinado às estruturas cujos danos em caso de falha serão elevados ou haverá destruição de bens insubstituíveis e/ou de valor histórico, mas, em qualquer caso, se restringirão à própria estrutura e seu conteúdo; Incluem-se também, aqueles casos de estruturas com grande aglomeração de público, havendo, portanto, risco de pânico.
- **Nível III**: Destinado às estruturas de uso comum.
- **Nível IV**: Destinado às estruturas construídas de material não inflamável, com pouco acesso de pessoas, e com conteúdo não inflamável.

Na tabela 4 (Norma NBR 5410), obtêm-se alguns exemplos de níveis de proteção de acordo com o tipo de edificação ou atividade desenvolvida neste local, desde que haja a necessidade real da implantação do SPDA.

Tipos de edificação	Nível de proteção
Edificações de explosivos, inflamáveis, indústrias químicas, laboratórios, bioquímicos, fábricas de munição e fogos de artifício, estações de telecomunicações, usinas elétricas, refinarias, indústrias com risco de incêndio	Nível I
Edificações comerciais, bancos, teatros, museus, locais arqueológicos, hospitais, prisões, casas de repouso, escolas, igrejas e áreas esportivas.	Nível II
Edificações residenciais, indústrias, estabelecimentos agropecuários e fazendas com estrutura de madeira.	Nível III
Galpões com sucata ou conteúdo desprezível, fazendas e estabelecimentos agropecuários com estrutura em madeira	Nível IV

Tabela 4 - Nível de proteção X Tipo de edificação

Nível de Eficiência do SPDA:

Nível de Proteção	Eficiência de Proteção
I	98%
II	95%
III	90%
IV	80%

Tabela 5 - Nível de Eficiência do SPDA

2.5. SELEÇÃO DE MATERIAL DOS CONDUTORES DE DESCIDA E DEFINIÇÃO DE SUAS SEÇÕES

Definidos os parâmetros anteriores, devemos agora definir o tipo de condutor e conseqüentemente a seção (área) deste condutor. Idem a tabela abaixo

TABELA DAS BITOLAS DOS CONDUTORES (mm²):

NÍVEL DE PROTEÇÃO	MATERIAL	Captação mm ²	Descidas mm ²	Aterramento mm ²	Equalizações Alta Corrente mm ²	Equalizações Baixa Corrente mm ²
I a IV	Cobre	35	16 *	50	16	6
	Alumínio	70	25 *	---	25	10
	Aço	50	50 *	80	50	16

Tabela 6 - Bitola dos Condutores

- Para edificações acima de 20 metros, dimensionar a bitola das descidas e anéis de cintamento, igual à bitola de captação devida à presença de descargas laterais.
- Obs.: As bitolas acima se referem à seção transversal dos condutores em mm.

3. METODOLOGIA

Considerando a natureza do pré-projeto - Proteção contra descarga atmosférica, os procedimentos metodológicos adotados para a resolução do problema serão iniciados pela elaboração do referencial teórico, iniciando as pesquisas pelo entendimento do fenômeno “descarga atmosférica”, para então, entendermos o princípio do funcionamento do SPDA. Logo após estudamos os tipos de proteções possíveis, comparando ambos e explorando a peculiaridade que cada um oferece. Assim nivelamos o conhecimento do grupo sobre o tema, além de, a partir da pesquisa, obter os dados necessários para a discussão dos resultados. O segundo passo consistirá em propor um projeto para implantação de um SPDA em uma das edificações do UNI-BH, a fim de proporcionarmos uma maior confiabilidade e segurança aos freqüentadores da instituição. Para isso, efetuaremos medições no local indicado, e partir dos estudos adotados nesse trabalho, definiremos a real necessidade do SPDA no local, o tipo de proteção que adotaremos, além da seleção do material dos condutores e suas seções.

3.1. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

Para se projetar e quantificar corretamente o SPDA, precisamos seguir os passos abaixo:

1. Precisamos ter um desenho do prédio ou croquis com as informações abaixo:

1.1. Comprimento, largura e altura do prédio (expressos em metros)

- $C = 45,00$ metros (Comprimento)
- $L = 22,00$ metros (Largura)

1.2. Tipo de telha: pré-moldada, calhetão, barro ou cerâmica, fibrocimento metálica, telha ecológica e outras:

- Laje de concreto armado.

1.3. Geometria da telha-ondulada, plana, trapezoidal zipada ou outro tipo:

- Ondulada.

1.4. Atividade da empresa-indústria química, metalúrgica, explosivo, produtos químicos, refinaria, hospital, escola, universidade, emissora de televisão, edifício residencial, etc.

- Universidade.

1.5. De posse das informações dos itens 1.1, 1.2, 1.3 e 1.4 definimos o nível de proteção a ser adotado conforme recomenda a norma, através da tabela 7.

- Nível 2.

1.6. Escolhido o nível já podemos definir o número de prumadas e o *mesch* da Gaiola de Faraday através da tabela 7, pois o espaçamento médio das prumadas está vinculado ao nível de proteção, ou seja:

Ângulo do Captor Franklin								
Nível de Proteção	Raio Espera (m)	até 20m a	h21 a 29m a	h30 a 44m a	h45 a 59m a	h>60 ----	Malha da Gaiola	Espaçamento das Descidas
I	20	25°	A	A	A	B	5x10	10
II	30	35°	25°	A	A	B	10x15	15
III	45	45°	35°	25°	A	B	10x15	20
IV	60	55°	45°	35°	25°	B	20x30	25
Unidades	metros	Graus	Graus	Graus	Graus	Graus	metros	Metros

Tabela 7 - Ângulo do Captor Franklin, Mesh da Gaiola de Faraday.

A = Aplicar somente Gaiola de Faraday ou Esfera Rolante

B = Aplicar somente Gaiola de Faraday

H = Altura do captor

a = Ângulo de proteção (Franklin)

Nível 1 - Espaçamento médio é de 10m

➤ **Nível 2 - Espaçamento médio é de 15m**

Nível 3 - Espaçamento médio é de 20m

Nível 4 - Espaçamento médio é de 25m

1.7. Definido o *mesch* da gaiola (15m x 15m) e o número de prumadas, faz-se um desenho com as dimensões do prédio, especificando a gaiola e as prumadas conforme exemplo abaixo. Seja um prédio hipotético, com as dimensões e dados abaixo:

➤ Construção em concreto armado.

Largura: 22,00 m
Comprimento: 45,00
Altura: 12,00 m
Atividade: Escola

Nível de proteção nível 2 espaçamento das prumadas: 15m (perímetro/15)

1.8. Desenhado o sistema de SPDA e aterramento vamos quantificar os materiais.

1.9. Escolher o tipo de condutor da cobertura e das prumadas (descidas) de acordo com a tabela 6.

(X) - cabo de cobre nu de 35mm² (CAPTAÇÃO)

(X) - cabo de cobre nu de 16mm² (DESCIDAS)

(X) - cabo de cobre nu de 50mm² (ATERRAMENTO)

1.10. Vamos quantificar a metragem dos cabos. Pelo desenho acima temos:

- Comprimento dos cabos de 35mm² da cobertura: $l_c = (3 \times 45m) + (4 \times 22m) = 223m$
- Comprimento dos cabos de 16mm² cabos das prumadas $l_p = 10 \times 12m = 120m$
- Comprimento dos cabos de 50mm² de aterramento $l_a = 2 \times (45m + 22m) = 134m$

Observação importante

1. Deve ser previsto no projeto o LEP (ligação equipotencial) e pelo menos uma caixa unificadora de potencial cup1/6s.
2. Deve ser observado se na área existem tanques de materiais inflamáveis, em caso afirmativo especificar a proteção.
3. Em quase todos os casos há cerca constituída por alambrado que precisa ser devidamente aterrada. No caso de ter caixa d'água elevada a mesma deve ser devidamente protegida.
4. Ao se projetar o SPDA é importantíssimo observar os detalhes abaixo com muita atenção:
 - Perfuração de cobertura/ telhado.
 - Aspecto da corrosão
 - Aspecto estético
 - Aspecto da simplicidade de instalação

3.2. IMPLANTAÇÃO: NORMAS E LEIS SOBRE O S.P.D.A.

A proteção de estruturas contra descargas atmosféricas deve ser realizada com projeto, instalação e manutenção definidos na NBR 5419, sobre Proteção Contra Descargas Atmosféricas na sua última revisão datada de fevereiro de 2001. É importante ressaltar que um SPDA não impede a ocorrência das descargas atmosféricas e que nenhum SPDA projetado e instalado, mesmo que tenha sido definido de acordo com a metodologia descrita na norma 5419/2001, pode não assegurar a proteção absoluta de uma estrutura, pessoas e objetos. Contudo, convém ressaltar ainda que a aplicação da norma reduz de forma significativa os riscos de danos devidos à descargas atmosféricas. O tipo e o posicionamento do SPDA devem ser estudados cuidadosamente no estágio de projeto da edificação, para se tirar o máximo proveito dos elementos condutores da própria estrutura. O acesso a terra e a utilização adequada às armações metálicas das fundações como eletrodo de aterramento, podem não ser possíveis após o início dos trabalhos de construção. A NBR 5419/2001 não admite a utilização de recursos artificiais destinados a aumentar o raio de proteção dos captores, tais como captosres com formatos especiais, ou de metais de alta condutividade ou ainda ionizantes radioativos ou não. Entre os pontos de caráter geral definidos na nova NBR 5419/2001 para a definição de um SPDA, para proteção de uma estrutura destaca-se:

- 1.** A necessidade do cálculo da avaliação do risco da edificação ser atingida por uma descarga atmosférica.
- 2.** O estabelecimento de quatro níveis de proteção, conforme o risco e o topo de estrutura.
- 3.** O cálculo dos captosres pode ser efetuado pelo método Faraday (gaiola), pelo método eletrogeométrico (esfera fictícia), ou ainda pelo método Franklin (hastes).

4. As edificações com altura superior a 10 metros, deverão possuir no subsistema de captação, um condutor periférico em forma de anel, contornando toda a cobertura e afastado no máximo a 0,5m da borda.
5. A possibilidade da utilização de calhas ou rufos como captos naturais.
6. A permissão para a fixação dos captos e condutores de descida, diretamente no teto e nas paredes.
7. Em paredes de material inflamável, o afastamento dos condutores passa a ser de no mínimo 10 cm. Nos demais tipos de parede, os condutores podem ser fixados diretamente sobre as mesmas, ou embutidos dentro do reboco.
8. Caso sejam utilizados cabos como condutores de descida, estes não poderão ter emendas (exceto a emenda no ponto de medição), nem mesmo com solda exotérmica. Para condutores de perfis metálicos, emendas continuam permitidas.
9. O valor da resistência de aterramento de 6 ohms continua sendo recomendado, porém, em locais onde o solo apresente alta resistividade, poderão ser aceitos valores maiores, desde que sejam feitos arranjos que minimizem os potenciais de passo, e que os procedimentos sejam tecnicamente justificados.
10. Reforça a exigência de se documentar toda a instalação, através de projetos e relatórios técnicos, e de se fazer às vistorias periodicamente.
11. As descidas do SPDA deverão distar das tubulações de gás no mínimo 2 metros. Caso esse distanciamento não seja possível as tubulações deverão ter equalizador a cada 20 metros de altura, diretamente no SPDA, ou indiretamente através de DPS (Dispositivo de Proteção de Surtos) dependendo do caso.
12. Todas as peças e acessórios de origem ferrosa, usados no SPDA, deverão ser galvanizados a fogo ou banhados com 254 micrômetros de cobre. Fica assim proibida a zincagem eletrolítica.

13. Passa a ser permitida a utilização das ferragens de estruturas de concreto protendido como parte integrante do SPDA. Os cabos de aço da estrutura protegida **NÃO** poderão ser utilizados como parte do SPDA

14. Em caso de não ser necessário um SPDA para uma edificação, deverá ser emitido um atestado a partir da aplicação do método descrito no Anexo B da NBR5419/2001.

Nota importante:

A fixação das barras de alumínio diretamente na parede, principalmente nas prumadas, deve ser evitada por varias razões:

1. A barra é perfurada a cada 1m ou 1,5m e é fixada através de parafuso galvanizado com bucha diretamente na parede. Os materiais diferentes do parafuso com a barra de alumínio provocam a corrosão eletrolítica que pode ser observada facilmente em montagens dessa forma, claro que isso não pode acontecer, pois compromete o sistema com o tempo.

2. Ao perfurar as barras as mesmas são comprometidas, pois começam a perder área de seção. Nesse caso, deve-se utilizar barras mais largas para compensar a perda. A barra mais larga custa muito mais caro, logo não compensa, pois os suportes guia são bem mais baratos e nas prumadas usam-se poucos.

3. As barras presas diretamente na parede quando recebe descarga atmosférica ou com o passar do tempo devido à variação de temperatura a mesma se dilata devido o efeito joule e acaba sendo arrancada da parede com a bucha e tudo, muito comum acontecer. Já quando se utiliza os suportes guia isso não ocorre, pois o mesmo tem um espaço entre suportes para o efeito dilatação, sendo melhor aplicável.

O aterramento deve sempre ser constituído por cabo de cobre nu # 50mm² e sempre contornando o prédio, e onde houver vários prédios dentro de uma mesma área industrial, os mesmos deverão ser interligados.

Sempre que possível o aterramento deve ser único, de modo a equalizar os potenciais, não se esquecendo da proteção indireta, ou seja, do aterramento do quadro de distribuição, equipamentos eletroeletrônicos, cabines, etc.

Construções em pré-moldado jamais deve haver perfuração.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A seguir, segue memorial descritivo e algumas especificações do projeto do sistema de proteção contra descargas atmosféricas (SPDA) do prédio A4 do UNI-BH (Campus Estoril).

A execução da instalação do SPDA será feita de acordo com a norma ABNT 5419 que rege o assunto.

O sistema foi projetado baseado no método Gaiola de Faraday, e seus componentes estão descritos abaixo.

4.1. CAPTAÇÃO

Como a geometria do prédio é ondulada, optamos por colocar cabo de cobre nu de 35mm² no topo de cada ondulação, interligando-os em através de solda exotérmica, deixando sempre uma folga de 20cm em consequência de dilatação térmica. Os cabos da malha da gaiola de Faraday irão atuar como elementos de captação.

4.2. DESCIDAS

A norma ABNT 5419 nos mostrar que de acordo com o nível de proteção dois seriam necessários descidas a cada 15m. Então optamos por colocar dez decidas no projeto do prédio A4 do UNI-BH, dando preferência a inserção dessas nas quinas. Utilizaremos cabo de cobre nu de 16mm², que será imbutida na fachada do prédio através de abraçadeiras de alumínio de 1”.

4.3. CONDUTORES DE ATERRAMENTO

Haverá uma malha de aterramento interligada através de solda exotérmica, conforme mostrado na planta. Os condutores de aterramento serão de cabo de cobre nu de 50mm², instalados a 1,00m das fundações estruturais.

“Nos pontos indicados na planta, ao longo da malha de aterramento, serão fincados eletrodos verticais constituídos por hastes com núcleo de aço e cobertura de cobre (hastes Copperweld) de 3/4” x 3,00m.

A profundidade da malha de aterramento será de 0,50m.

Para acesso ao sistema de aterramento, haverá caixas subterrâneas com tampas removíveis metálicas de 150 x 200 mm, conforme detalhamento feito em planta.

Estão previstas dez dessas caixas. Em todas haverá um cabo de cobre nu de 50mm² interligando as ferragens das fundações a malha de aterramento.

4.4. CAIXA DE EQUIPOTENCIALIZAÇÃO

Será instalada uma caixa de equipotencialização de acordo com a planta em anexo, fazendo a interligação dos aterramentos do neutro da concessionária elétrica, do terra da concessionária de telefonia, outros terras de, tubulações metálicas de incêndio e gás, tubulações metálicas de água e recalque.

4.5. DISPOSITIVO DE PROTEÇÃO CONTRA SURTOS (DPS)

Será instalado um dispositivo de proteção contra surtos (DPS) de acordo com a planta, seguindo orientações da norma ABNT 5410.

4.6. OUTROS COMPONENTES DO SISTEMA

Próximo ao Quadro de Distribuição (QD) será instalado um Quadro de Aterramento (QA), com uma Ligação equipotencial principal (LEP). A bitola dos condutores que serão ligados na barra de terra do QD será de 16mm.²

Em cada descida do SPDA, haverá uma caixa de inspeção aérea, desmontável através de ferramenta, com conector de medição.

Serão aterrados através da barra de conexão ao condutor de equipotencialidade os seguintes componentes:

- Rede de eletrocalhas e perfilados metálicos dos circuitos elétricos internos da edificação.
- Rede de eletrocalhas do sistema de cabeamento estruturado.
- Carcaças das bombas d'água.
- Partes metálicas do Quadro de Distribuição (QD), Quadro de aterramento (QA), racks, etc.

O sistema de aterramento das instalações telefônicas serão conectadas ao sistema de aterramento das instalações elétricas e SPDA através de cabo de cobre nu de 50mm² em uma caixa de aterramento.

5. CONCLUSÃO

O sistema de proteção contra descargas atmosféricas se faz necessário em todos os prédios do UNI-BH Campus Estoril, afinal é um elemento importantíssimo para segurança e conservação das edificações.

Através dos estudos implementados nesse trabalho, foi desenvolvido pelos autores um projeto de SPDA no prédio A4, com os seguintes pontos a se destacar:

- Implementação do SPDA utilizando o método Gaiola de Faraday devido as dimensões da edificação, além da atividade desenvolvida no local (Escola).
- A interligação das Hastes de aterramento a fim de equalizar sua malha de aterramento e assim melhorar sua eficiência.

Este projeto teve como atrativo a falta de um SPDA nas edificações do UNI-BH, o que se faz extremamente necessário devido a fatores como:

- O número de dias de trovoadas ao ano (que é sessenta).
- Tipo de atividade desenvolvida no local.
- Dimensões da edificação.

Lamenta-se que não chegou a tempo alguns equipamentos como o terrômetro (para medição da resistividade do solo).

Porém, é importante frizar o grande conhecimento teórico e prático obtido através do desenvolvimento deste trabalho. Espera-se que futuramente, o mesmo possa ser utilizado como referência acadêmica para aqueles que se interessarem pelo assunto.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6023**: informação e documentação: referências: elaboração. Rio de Janeiro, 2002.

_____. **NBR 14724**: informação e documentação: trabalhos acadêmicos: apresentação. Rio de Janeiro, 2005.

_____. **NBR 15287**: informação e documentação: Projeto de pesquisa: apresentação. Rio de Janeiro, 2005.

_____. **ABNT NBR 5419**: Proteção de estruturas contra descargas atmosféricas. Rio de Janeiro, 2005.

MAMEDE FILHO, J. **Instalação Elétrica Industrial**. 8. Ed. Rio de Janeiro: LTC, 2011.

NASCIMENTO, I. J. **Sistema Proteção Contra Descarga Atmosférica Aplicados na Construção Civil**. Recife/ PE: editora, 2005.p.32-34.

INSTALAÇÕES ELÉTRICAS Nº.2 – Artigo de proteção de estruturas contra descargas atmosféricas, de acordo com a norma NBR5410/93, (autor: Eng. Normando Alves), Ed. Sertec, São Paulo, 1999.

7. APÊNDICES

7.1. MEMÓRIA DE CÁLCULO

7.1.1. NECESSIDADE DO SPDA

1) PARÂMETROS DA EDIFICAÇÃO

C=45 metros (Comprimento)

L=22 metros (Largura)

A=12 metros (Altura)

2) AVALIAÇÃO DO RISCO DE EXPOSIÇÃO

Ae=Área de exposição

$Ae=CL+2CA+2LA+3,14(AxA)$

Ae=3050.16m²

3) DENSIDADE DE DESCARGAS PARA A TERRA

Ng=Numero de raios para a terra por Km² por ano

$Ng=0,04 \times Td^{1,25}$

T.d.=60 (nº de dias de trovoadas por ano).

$Ng=0,04 \times 60^{1,25}$

Ng=6.679578440913 descargas Km²/ano

4) FREQUÊNCIA MÉDIA ANUAL PREVISÍVEL DE DESCARGAS

$N=Ng \times Ae \times 10^{-6}$

N=0.020373782977335

5) FATORES DE PONDERAÇÃO

A=1.7 (Tipo de ocupação da Estrutura)

B=0.4 (Tipo de construção da Estrutura)

C=1.7 (Conteúdo da estrutura)

D=0.4 (Localização da estrutura)

E=1.3 (Topografia)

6) Np= Valor ponderado de N

$N_p = N \times A \times B \times C \times D \times E$

$N_p = 0.012247088423336$ Desc. / ano

7) CONCLUSÃO DO CÁLCULO

É NECESSÁRIO A INSTALAÇÃO DE SPDA

Dados Técnicos: Norma NBR5419 da ABNT

Fonte: Anexo B da norma

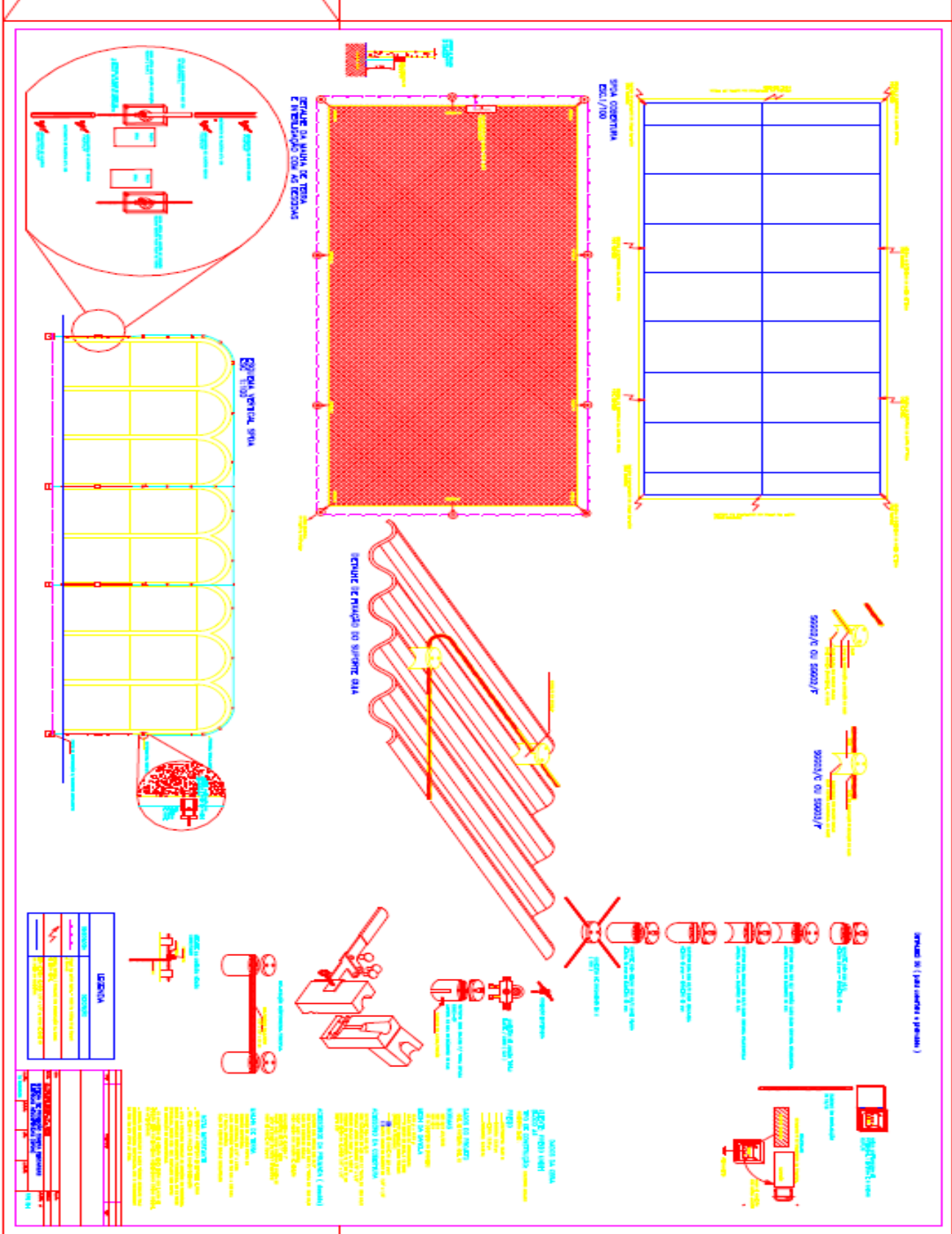
REFERÊNCIA

Se $NP \geq 10^{-3}$, A estrutura requer SPDA.

Se $NP \leq 10^{-5}$, A estrutura não requer SPDA.

Se $10^{-3} > NP > 10^{-5}$, A necessidade deverá ser discutida com o proprietário.

7.2. ANEXO PROJETO DO SPDA DO PREDIO A4 UNIBH



8. ANEXOS

8.1. PARA-RAIOS RADIOATIVOS - Resolução Nº 04 de 19 de abril de 1989

“Considerando que o comércio de substâncias radioativas constitui monopólio da União, instituído pela Lei nº 4.118, de 27 de agosto de 1962, artigo 1º, inciso I, in fine”;

Considerando que esse monopólio é exercido pela CNEN na qualidade de órgão supervisor de orientação, planejamento, supervisão e fiscalização;

Considerando que compete à CNEN, ainda, registrar as pessoas que utilizem substâncias radioativas, bem como receber e depositar rejeitos radioativos;

Considerando a proliferação do uso de substâncias radioativas em para-raios.

Considerando que não está tecnicamente comprovada a maior eficácia de para-raios radioativos em relação aos convencionais e que, portanto, o “princípio da justificação” previsto na norma CNEN-NE-3.01 - “Diretrizes de Básicas de Radioproteção” não está demonstrado;

Considerando a necessidade de dar destino adequado ao material radioativo dos para-raios desativados;

RESOLVE:

- a) Suspender, a partir da vigência desta resolução, a concessão de autorização para utilização de material radioativo em para-raios;
- b) O material radioativo remanescente dos para-raios desativados deve ser imediatamente recolhido à CNEN;
- c) “Esta resolução entra em vigor na data da sua publicação”.

8.1.1. IDENTIFICANDO UM PÁRA-RAIO RADIOATIVO

As características mais comuns neste tipo de captor, considerando as marcas mais comercializadas no Brasil na época (Gamatec, Amerion), são a forma composta por espécie de discos metálicos dispostos em paralelo com pequenas placas (2x4cm aproximadamente) de material radioativo Am (Américio-241) emissor alfa com meia vida de 432 anos. Identificadas estas características, deve-se proceder a remoção do captor conforme procedimentos adequados.



8.1.2. Como proceder para retirar um para-raios radioativo e como encaminhá-los

A Comissão Nacional de Energia Nuclear, CNEN, através da Resolução No. 4/89, de 18 de abril de 1989, suspendeu a autorização para a fabricação e instalação de pára-raios radioativos.

Os pára-raios que estiverem instalados devem ser substituídos por pára-raios convencionais, atendendo a decisão da prefeitura de cada município. Quando substituído, um pára-raios radioativo passa a ser rejeito radioativo e deve ser recolhido à CNEN. Quem deve providenciar a substituição é o proprietário da

edificação e esta substituição pode ser feita por qualquer pessoa, mas é preferível que seja feita por um profissional experiente porque em geral os pára-raios estão em locais de difícil acesso e há riscos de queda.

Além disso, para que o prédio fique adequadamente protegido contra raios é necessário verificar se o aterramento da instalação está adequado e se o número de captosres é suficiente para o tamanho e altura do prédio. O ideal é contratar uma empresa de instalações elétricas, ou contratar um suporte técnico de forma que as operações tenham o mínimo de segurança necessária, a garantir a integridade física dos elementos envolvidos.



Os cuidados que devem ser tomados em relação à radiação e a contaminação estão descritos em uma cartilha fornecida gratuitamente pelo IPEN aos interessados. É muito importante que a pessoa entre em contato com o IPEN antes de realizar a substituição porque além das medidas de proteção que devem ser tomadas, a cartilha dá instruções sobre como fazer a embalagem, o transporte e a entrega do material à CNEN e é acompanhada dos documentos exigidos pelo DNER para o transporte de material radioativo.

8.1.1.1. ANEXO I

Esclarecimentos relativos à Resolução CNEN 04/89 de 19/04/89 - Publicado no D.O.U. Em 09/05/89

1. A maior eficácia de Para-raios Radioativos em relação aos convencionais não está tecnicamente comprovada, contrariando assim o princípio da justificação, qual seja: "Qualquer atividade envolvendo radiação ou exposição deve ser justificada em relação às outras alternativas, a produzir um benefício líquido positivo para a sociedade".
2. Para-raios radioativos em bom estado de conservação podem permanecer instalados, sob o ponto de vista de radioproteção, até que venham a ser substituídos por dispositivos convencionais; 3. Os pára-raios radioativos não oferecem risco de radiação externa para pessoas, uma vez que contém pequenas quantidades de material radioativo afixado aos mesmos; 4. No caso de desativação de tais dispositivos e com o objetivo de evitar a dispersão de radioisótopos no meio ambiente, os mesmos devem ser entregues à CNEN.

8.1.1.2. ANEXO II

Procedimentos de remoção e acondicionamento de pára-raios.

Procedimentos simplificados que, sem fugir ao rigor da segurança, permitem a operação segura de acondicionamento e transporte até as diversas instalações da CNEN, para armazenamento:



Utilizar, conforme apropriado, uma ou mais embalagens metálicas resistentes, com capacidade mínima de 38 litros e com o sistema de fechamento que garanta a vedação da embalagem durante o transporte (um para-raios por embalagem).

b) Ter disponíveis luvas, saco plástico, fita adesiva, um rótulo com os dizeres. “Material Radioativo”, material absorvedor de choque (isopor fragmentado, ou jornal, por exemplo) e documentação de transporte (disponível no CNEN).

c) Colocar, de forma uniforme, uma camada de material absorvedor de choque no fundo da embalagem.

d) Colocar o saco plástico, aberto, no interior da embalagem.

e) Abrir o saco plástico e utilizar a parte superior do mesmo (em excesso) para revestir as bordas da embalagem.

f) Calçar as luvas com cuidado para que não seja danificada, com furos e/ou rasgos.

g) Retirar a haste do pára-raios e colocá-la no interior da embalagem.

h) Retirar as luvas, da seguinte forma.

i) Retirar parcialmente os dedos de ambas as mãos.

j) Retirar uma luva e coloca-la no interior do saco plástico.

k) Introduzir dos dedos da mão descalça entre a luva e a pele da mão calçada.

l) Deslocar com os dedos a luva, até que haja condições de removê-la totalmente.

(Nunca colocar a mão sem luva em contato com a parte externa de uma luva que manipulou o material radioativo).

m) Segurar a luva pela parte interna e coloca-la também dentro do saco plástico.

n) Retirar a parte superior do saco colocada sobre as bordas da embalagem e fechar o mesmo, utilizando uma fita adesiva.

o) Manter o para-raios, já dentro do saco, no centro da embalagem, preenchendo os espaços vazios com material absorvedor de choque (o material absorvedor de choque deverá também ser distribuído no espaço entre a tampa da embalagem e a parte superior do saco fechado).

p) Afixar o rótulo com os dizeres “Material Radioativo” no interior da embalagem, em local visível quando da abertura do mesmo.

q) Fechar o embalado.

8.1.1.3. ANEXO I

Envio e transporte de pára-raios

Completar o preenchimento da documentação de transporte com os dados pertinentes à instituição expedidora, sendo:

- Certificado de Aprovação especial para Embalado e Transporte de para-raios radioativos contendo Am-. Contatar previamente a unidade da CNEN que poderá receber o(s) embalado(s), a saber:

- Declaração e Expedição do Material Radioativo;

- Envelope de transporte;

- Completar o preenchimento dos documentos de transporte em anexo com os dados

8.2. Norma regulamentadora 10 (NR 10)

8.2.1. OBJETIVO E CAMPO DE APLICAÇÃO

8.2.1.1. Esta Norma Regulamentadora - NR 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.

8.2.1.2. Esta NR se aplica 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 suas proximidades, observando-se as normas técnicas oficiais estabelecidas pelos órgãos competentes e, na ausência ou omissão destas, as normas internacionais cabíveis.

8.2.2. MEDIDAS DE CONTROLE

8.2.2.1. Em todas as intervenções em instalações elétricas devem ser adotadas medidas preventivas de controle do risco elétrico e de outros riscos adicionais, mediante técnicas de análise de risco, de forma a garantir a segurança e a saúde no trabalho.

8.2.2.2. As medidas de controle adotadas devem integrar-se às demais iniciativas da empresa, no âmbito da preservação da segurança, da saúde e do meio ambiente do trabalho.

8.2.2.3. As empresas estão obrigadas a manter esquemas uni filares atualizados das instalações elétricas dos seus estabelecimentos com as especificações do sistema de aterramento e demais equipamentos e dispositivos de proteção.

8.2.2.4. Os estabelecimentos com carga instalada superior a 75 kW devem constituir e manter o Prontuário de Instalações Elétricas, contendo, além do disposto no subitem 10.2.3, no mínimo:

- a) conjunto de procedimentos e instruções técnicas e administrativas de segurança e saúde, implantadas e relacionadas a esta NR e descrição das medidas de controle existentes;
- b) documentação das inspeções e medições do sistema de proteção contra descargas atmosféricas e aterramentos elétricos;
- c) especificação dos equipamentos de proteção coletiva e individual e o ferramental, aplicáveis conforme determina esta NR;
- d) documentação comprobatória da qualificação, habilitação, capacitação, autorização dos trabalhadores e dos treinamentos realizados;
- e) resultados dos testes de isolamento elétrica realizados em equipamentos de proteção individual e coletiva;
- f) certificações dos equipamentos e materiais elétricos em áreas classificadas; e
- g) relatório técnico das inspeções atualizadas com recomendações, cronogramas de adequações, contemplando as alíneas de "a" a "f".

8.2.2.5. As empresas que operam em instalações ou equipamentos integrantes do sistema elétrico de potência devem constituir prontuário com o conteúdo do item 10.2.4 e acrescentar ao prontuário os documentos a seguir listados:

- a) descrição dos procedimentos para emergências; e
- b) certificações dos equipamentos de proteção coletiva e individual; ..

8.2.2.5.1. As empresas que realizam trabalhos em proximidade do Sistema Elétrico de Potência devem constituir prontuário contemplando as alíneas "a", "c",

"d" e "e", do item 10.2.4 e alíneas "a" e "b" do item 10.2.5.

8.2.2.6. O Prontuário de Instalações Elétricas deve ser organizado e mantido atualizado pelo empregador ou pessoa formalmente designada pela empresa, devendo permanecer à disposição dos trabalhadores envolvidos nas instalações e serviços em eletricidade.

8.2.2.7. Os documentos técnicos previstos no Prontuário de Instalações Elétricas devem ser elaborados por profissional legalmente habilitado.

8.2.2.8. MEDIDAS DE PROTEÇÃO COLETIVA

8.2.2.8.1. Em todos os serviços executados em instalações elétricas devem ser previstas e adotadas, prioritariamente, medidas de proteção coletiva aplicáveis, mediante procedimentos, às atividades a serem desenvolvidas, de forma a garantir a segurança e a saúde dos trabalhadores.

8.2.2.8.2. As medidas de proteção coletiva compreendem, prioritariamente, a desenergização elétrica conforme estabelece esta NR e, na sua impossibilidade, o emprego de tensão de segurança.

8.2.2.8.2.1. Na impossibilidade de implementação do estabelecido no subitem 10.2.8.2., devem ser utilizadas outras medidas de proteção coletiva, tais como: isolamento das partes vivas, obstáculos, barreiras, sinalização, sistema de seccionamento automático de alimentação, bloqueio do religamento automático.

8.2.2.8.3. O aterramento das instalações elétricas deve ser executado conforme regulamentação estabelecida pelos órgãos competentes e, na ausência desta, deve atender às Normas Internacionais vigentes.

8.2.2.9. MEDIDAS DE PROTEÇÃO INDIVIDUAL

8.2.2.9.1. Nos trabalhos em instalações elétricas, quando as medidas de

proteção coletiva forem tecnicamente inviáveis ou insuficientes para controlar os riscos, devem ser adotados equipamentos de proteção individuais específicos e adequados às atividades desenvolvidas, em atendimento ao disposto na NR 6.

8.2.2.9.2. As vestimentas de trabalho devem ser adequadas às atividades, devendo contemplar a condutibilidade, inflamabilidade e influências eletromagnéticas.

8.2.2.9.3. É vedado o uso de adornos pessoais nos trabalhos com instalações elétricas ou em suas proximidades.

8.2.3. SEGURANÇA EM PROJETOS

8.2.3.1. É obrigatório que os projetos de instalações elétricas especifiquem dispositivos de desligamento de circuitos que possuam recursos para impedimento de reenergização, para sinalização de advertência com indicação da condição operativa.

8.2.3.2. O projeto elétrico, na medida do possível, deve prever a instalação de dispositivo de seccionamento de ação simultânea, que permita a aplicação de impedimento de reenergização do circuito.

8.2.3.3. O projeto de instalações elétricas deve considerar o espaço seguro, quanto ao dimensionamento e a localização de seus componentes e as influências externas, quando da operação e da realização de serviços de construção e manutenção.

8.2.3.3.1. Os circuitos elétricos com finalidades diferentes, tais como: comunicação, sinalização, controle e tração elétrica devem ser identificados e instalados separadamente, salvo quando o desenvolvimento tecnológico permitir compartilhamento, respeitadas as definições de projetos.

8.2.3.4. O projeto deve definir a configuração do esquema de aterramento, a obrigatoriedade ou não da interligação entre o condutor neutro e o de proteção e a conexão à terra das partes condutoras não destinadas à condução da

eletricidade.

8.2.3.5. Sempre que for tecnicamente viável e necessário, devem ser projetados dispositivos de seccionamento que incorporem recursos fixos de equipotencialização e aterramento do circuito seccionado.

8.2.3.6. Todo projeto deve prever condições para a adoção de aterramento temporário.

8.2.3.7. 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.

8.2.3.8. O projeto elétrico deve atender ao que dispõem as Normas Regulamentadoras de Saúde e Segurança no Trabalho, as regulamentações técnicas oficiais estabelecidas, e ser assinado por profissional legalmente habilitado.

8.2.3.9. O memorial descritivo do projeto deve conter, no mínimo, os seguintes itens de segurança:

a) especificação das características relativas à proteção contra choques elétricos, queimaduras e outros riscos adicionais;

b) indicação de posição dos dispositivos de manobra dos circuitos elétricos:
(Verde - "D", desligado e Vermelho - "L", ligado)

c) descrição do sistema de identificação de circuitos elétricos e equipamentos, incluindo dispositivos de manobra, de controle, de proteção, de intertravamento, dos condutores e os próprios equipamentos e estruturas, definindo como tais indicações devem ser aplicadas fisicamente nos componentes das instalações;

d) recomendações de restrições e advertências quanto ao acesso de pessoas aos componentes das instalações;

e) precauções aplicáveis em face das influências externas;

f) o princípio funcional dos dispositivos de proteção, constantes do projeto, destinados à segurança das pessoas; e

g) descrição da compatibilidade dos dispositivos de proteção com a instalação elétrica.

8.2.3.10. Os projetos devem assegurar que as instalações proporcionem aos trabalhadores iluminação adequada e uma posição de trabalho segura, de acordo com a NR 17 - Ergonomia.

8.2.4. SEGURANÇA NA CONSTRUÇÃO, MONTAGEM, OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO.

8.2.4.1. As instalações elétricas devem ser construídas, montadas, operadas, reformadas, ampliadas, reparadas e inspecionadas de forma a garantir a segurança e a saúde dos trabalhadores e dos usuários, e serem supervisionadas por profissional autorizado, conforme dispõe esta NR.

8.2.4.2. Nos trabalhos e nas atividades referidas devem ser adotadas medidas preventivas destinadas ao controle dos riscos adicionais, especialmente quanto à altura, confinamento, campos elétricos e magnéticos, explosividade, umidade, poeira, fauna e flora e outros agravantes, adotando-se a sinalização de segurança.

8.2.4.3. Nos locais de trabalho só podem ser utilizados equipamentos, dispositivos e ferramentas elétricas compatíveis com a instalação elétrica existente, preservando-se as características de proteção, respeitadas as recomendações do fabricante e as influências externas.

8.2.4.3.1. Os equipamentos, dispositivos e ferramentas que possuam isolamento elétrico devem estar adequados às tensões envolvidas, e serem inspecionados e testados de acordo com as regulamentações existentes ou recomendações dos

fabricantes.

8.2.4.4. As instalações elétricas devem ser mantidas em condições seguras de funcionamento e seus sistemas de proteção devem ser inspecionados e controlados periodicamente, de acordo com as regulamentações existentes e definições de projetos.

8.2.4.4.1. Os locais de serviços elétricos, compartimentos e invólucros de equipamentos e instalações elétricas são exclusivos para essa finalidade, sendo expressamente proibido utilizá-los para armazenamento ou guarda de quaisquer objetos.

8.2.4.5. Para atividades em instalações elétricas deve ser garantida ao trabalhador iluminação adequada e uma posição de trabalho segura, de acordo com a NR 17 - Ergonomia, de forma a permitir que ele disponha dos membros superiores livres para a realização das tarefas.

8.2.4.6. Os ensaios e testes elétricos laboratoriais e de campo ou comissionamento de instalações elétricas devem atender à regulamentação estabelecida nos itens 10.6 e 10.7, e somente podem ser realizadas por trabalhadores que atendam às condições de qualificação, habilitação, capacitação e autorização estabelecidas nesta NR.