

**CENTRO UNIVERSITARIO DE BELO HORIZONTE  
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS EXATAS E DE TECNOLOGIA**

**Felipe dos Santos Menezes  
Wanderly Gomes da Fonseca**

**Dispositivos de proteção contra descarga atmosférica em estações  
de Telecomunicações**

**BELO HORIZONTE  
JUNHO – 2014**

Felipe dos Santos Menezes  
Wanderly Gomes da Fonseca

**Dispositivos de proteção contra  
descargas atmosféricas em estações de  
telecomunicações**

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: Projeto de Pesquisa em Engenharia Elétrica ou Engenharia de Telecomunicações.

Área de Concentração:

Orientador(a): Prof<sup>(a)</sup>. Euzébio de Souza

Co-Orientador(a): Prof<sup>(a)</sup>. Magali

**BELO HORIZONTE  
JUNHO - 2014**

## LISTAS DE TABELAS

Tabela 1 - Ângulo do Captor Franklin .....	16
Tabela 2 - Definição da largura de módulo de proteção e espaçamento das descidas .....	19
Tabela 3 - Posicionamento de captos conforme o nível de proteção.....	22
Tabela 4 – Espaçamentos dos subsistemas de descidas .....	24
Tabela 5 – Espessuras mínimas dos componentes do SPDA .....	25
Tabela 6 – Resistividade de algumas regiões do Brasil .....	26
Tabela 7 – Valores de resistividade de alguns tipos de solo .....	27
Tabela 8 – Classificação das estruturas e seus níveis de proteção .....	33
Tabela 9 – Nível de proteção adequado para o caso em estudo .....	38
Tabela 10 - Ângulos de proteção em função da altura do captor e do nível de proteção .....	38

## LISTAS DE FIGURAS

Figura 1 - Nuvem carregada eletricamente.....	12
Figura 2 - Descarga elétrica entre a nuvem e a terra .....	13
Figura 3 - Descarga descendente, com um piloto ascendente (à direita) para um ramo lateral da descarga.....	14
Figura 4 – Captação do Método Eletrogeométrico .....	21
Figura 5 – Captor tipo Franklin.....	22
Figura 6 – Proteção por Gaiola de Faraday .....	23
Figura 7 – Método de Wenner para medição de resistividade do solo.....	28
Figura 8 – Caixa de equipotencialização .....	31
Figura 9 – Dispositivo de proteção contra surtos (DPS).....	32
Figura 10 – Croqui elaborado a partir dos dados coletados no local.....	37
Figura 11 – Raio da base do cone de proteção do captor natural.....	40
Figura 12 – Distribuição dos condutores de aterramento .....	45

## LISTAS DE FOTOS

Foto 1 – Entrada da Estação de Barão de Cocais - MG.....	35
Foto 2 – Torres metálicas existentes na Estação de Barão de Cocais - MG .....	36
Foto 3 – Abrigo existente na Estação de Barão de Cocais - MG .....	36
Foto 4 – Aferição da resistividade da torre de 20 metros .....	41
Foto 5 – Aferição da resistividade da torre de 10 metros .....	41
Foto 6 – Aferição da resistividade da 1ª haste existente .....	42
Foto 7 – Aferição da resistividade da 2ª haste existente .....	42
Foto 8 – Abrigo sem a barra ou caixa de equalização.....	43

## LISTAS DE ABREVIATURAS E SIGLAS

BCS - Sigla da Estação de Barão de Cocais - MG

d - Diâmetro da haste

D.D.P - Diferença de potencial

DAS - Descargas atmosféricas

Dcd - Espaçamento entre os condutores de descidas

DPS - Dispositivo de proteção contra surtos

ETI - Equipamentos de tecnologia da informação

Hc - Altura da extremidade do captor

L - Comprimento da haste

Ncd - Número de condutores de descidas

Pco - Perímetro da construção

Rp - Raio da base do cone de proteção

SPDA - Sistema de proteção contra descargas atmosféricas

Tg $\alpha$  - Ângulo de proteção com a vertical

pa - Resistividade aparente do solo

$\Omega$  - OHMS

# SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>8</b>
<b>2</b>	<b>PROBLEMA DE PESQUISA</b> .....	<b>9</b>
	2.1 CONTEXTUALIZAÇÃO DO PROBLEMA.....	9
<b>3</b>	<b>OBJETIVOS</b> .....	<b>10</b>
	3.1 OBJETIVO GERAL.....	10
	3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	10
<b>4</b>	<b>JUSTIFICATIVA</b> .....	<b>11</b>
<b>5</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	<b>12</b>
	5.1 DESCARGA ATMOSFÉRICA .....	12
	5.2 S.P.D.A .....	15
	5.2.1 MÉTODOS DE PROTEÇÃO CONTRA DESCARGAS ATMOSFÉRICAS .....	15
	5.2.1.1 MÉTODOS DE FRANKLIN .....	16
	5.2.1.2 MÉTODO DE FARADAY .....	18
	5.2.1.3 MÉTODO DA ESFERA ROLANTE OU ELETROGEOMÉTRICO .....	20
	5.3 COMPONENTES DE UM SPDA .....	21
	5.3.1 CAPTAÇÃO .....	21
	5.3.2 CAPTORES FRANKLIN .....	22
	5.3.3 CAPTOR TIPO GAIOLA DE FARADAY .....	23
	5.3.4 DESCIDAS .....	24
	5.3.5 RESISTIVIDADE DO SOLO .....	26
	5.3.6 MEDIÇÃO DA RESISTÊNCIA .....	27
	5.3.7 SISTEMA DE ATERRAMENTO .....	29
	5.3.8 EQUALIZAÇÃO DE POTENCIAIS INTERNOS .....	30
	5.3.9 DISPOSITIVO DE PROTEÇÃO DE SURTOS.....	31
	5.4 SELEÇÃO DO NÍVEL DE PROTEÇÃO.....	32
<b>6</b>	<b>METODOLOGIA</b> .....	<b>34</b>
<b>7</b>	<b>ESTUDO DE CASO</b> .....	<b>35</b>
	7.1 ESCOLHA DA ESTAÇÃO DE TELECOMUNICAÇÕES .....	35
	7.2 LEVANTAMENTO DE DADOS EM CAMPO .....	35
	7.3 NÍVEL DE PROTEÇÃO DA ESTAÇÃO DE TELECOMUNICAÇÕES .....	37
	7.4 MÉTODO DE PROTEÇÃO .....	38
	7.5 ATERRAMENTO EXISTENTE .....	40
	7.5.1 RESISTIVIDADE DAS TORRES .....	41
	7.5.2 RESISTIVIDADE DAS HASTES EXISTENTES .....	42
	7.6 EQUALIZAÇÃO DE POTENCIAIS INTERNOS .....	43
<b>8</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	<b>44</b>
	8.1 CAPTAÇÃO E DESCIDAS .....	44
	8.2 CONDUTORES DE ATERRAMENTO .....	44
	8.3 CAIXA DE EQUIPOTENCIALIZAÇÃO .....	46
<b>9</b>	<b>CONCLUSÃO</b> .....	<b>47</b>
<b>10</b>	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>48</b>

# 1 INTRODUÇÃO

O sistema de telefonia móvel vem desenvolvendo-se ao longo do último século, mas foi no final da década dos anos 90, com a privatização do sistema Telebrás que se iniciou significativo crescimento, progredindo consideravelmente até os dias de hoje, o que resultou em um mundo altamente conectado e dependente deste importante meio de telecomunicação.

O sistema irradiante, caracterizado pela transmissão de dados e voz pelo “ar”, está bastante difundido atualmente, pois com ele é possível conectar ao mundo virtual empresas situadas em regiões remotas, onde alguns meios de transmissão como par trançado e fibra ótica ainda não chegaram, sejam por limitações físicas ou pelo custo benéfico.

A transmissão de dados pelo sistema irradiante ocorre através de um sistema de antenas capaz de emitir, refletir e receber sinais dentro de uma dada frequência. Esse sistema emite os sinais para estações repetidoras que os refletem para locais mais distantes. Para possibilitar que o sistema irradiante funcione adequadamente, sem interferências de pessoas, edificações ou vegetação, é necessário que esse sistema fique em uma altura considerável em relação ao solo. Para esta função utilizam-se as torres de telecomunicações, que além de ter uma estrutura robusta e elevada, geralmente são instaladas no topo de serras.

Devido a sua localização elevada geralmente tais torres são bastante expostas aos efeitos das descargas atmosféricas, sejam descargas que caem diretamente na torre quanto, descargas que caem nas proximidades.

Para se minimizar os efeitos destas descargas é usual se projetar e instalar uma boa malha de aterramento na base da torre na tentativa de se propiciar um caminho preferencial para as correntes de descarga atmosférica e assim garantir uma proteção eficaz para os equipamentos e para o pessoal que transita no local.



## **2 PROBLEMA DE PESQUISA**

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

### **2.1 CONTEXTUALIZAÇÃO DO PROBLEMA**

A telefonia e a internet são indispensáveis em quase 100% das empresas de médio e grande porte atualmente situadas no País. A grande questão que deve ser considerada é com relação à estabilidade desses serviços, pois a cada dia que passa a produção das empresas está mais dependente deste tipo de serviço e um eventual problema envolvendo esse tipo de comunicação pode significar a paralisação dos negócios da empresa.

Levando em consideração que os sistemas irradiantes dependem das torres de telecomunicações e que estas estão geralmente situadas em locais com grande incidência de descarga atmosférica, é necessária uma precaução quanto aos efeitos que elas podem causar como: danos físicos aos equipamentos instalados nas torres, incêndios, etc.

### **3 OBJETIVOS**

#### **3.1 OBJETIVO GERAL**

Analisar o sistema de proteção de uma estação de telecomunicações contra descargas atmosféricas a fim de verificar a sua eficiência.

#### **3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Descrever o sistema de proteção instalado e em funcionamento em uma estação de telecomunicações;
- Identificar as falhas existentes no sistema instalado;
- Propor soluções para melhorias no sistema.

## **4 JUSTIFICATIVA**

Esse trabalho vem salientar sobre o funcionamento do sistema SPDA em torres de telecomunicações, além de trazer uma reflexão nos impactos que envolvem o meio ambiente, a sociedade e as empresas que dependem do sistema de telecomunicações.

O sistema SPDA em estações de telecomunicações, propicia a redução de danos ao meio ambiente o que se refere às queimadas; 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.

Sendo assim, a pesquisa científica irá viabilizar uma fonte confiável de informações para todos que interessarem no assunto SPDA em estações de telecomunicações.

## 5 REFERENCIAL TEÓRICO

### 5.1 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 figura 1, 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.

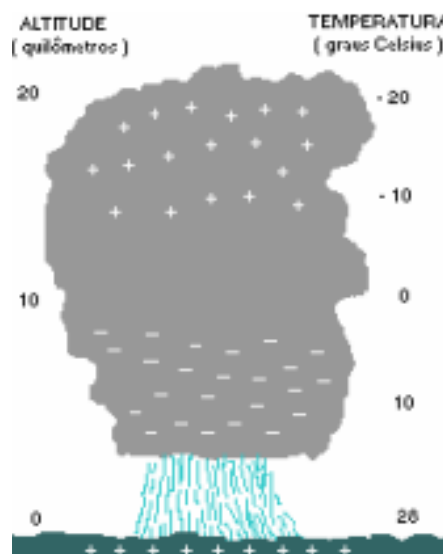


Figura 1 - Nuvem carregada eletricamente

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 a nuvem vai se formando até encontrar a descarga piloto, formando assim um caminho completo, dando origem a primeira descarga, o que possibilita um retorno para a corrente (da terra para a nuvem), que terá uma grande intensidade.

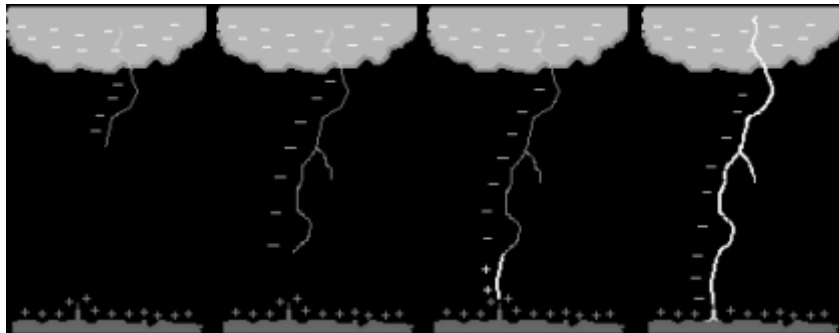


Figura 2 - Descarga elétrica entre a nuvem e a terra.

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 à 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).



Figura 3 - Descarga descendente, com um piloto ascendente (a direita) 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 isolamento 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.

## **5.2 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 para-raios.

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

### **5.2.1 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.

### 5.2.1.1 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. Cujos 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 captos, 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  $\alpha$  com a vertical, propiciando um raio de base do cone de valor dado pela equação abaixo:

$$R_p = H_c * \text{tg } \alpha \quad (\text{Equação 1})$$

Onde:

**R<sub>p</sub>** - raio da base do cone de proteção em m.

**H<sub>c</sub>** - altura da extremidade do captor, em m.

**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:

$$N_{cd} = P_{co} / D_{cd} \quad (\text{Equação 2})$$

Onde:

**N<sub>cd</sub>** - número de condutores de descidas;

**P<sub>co</sub>** - perímetro da construção em m;

**D<sub>cd</sub>** - 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 base 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 captosres 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.

### **5.2.1.2 MÉTODO DE FARADAY**

Em edificações com grande área horizontal, seria necessário um grande número de captosres 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).

### **5.2.1.3 MÉTODO DA ESFERA ROLANTE OU ELETROGEOMÉTRICO**

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, (MAMEDE FILHO,2011).

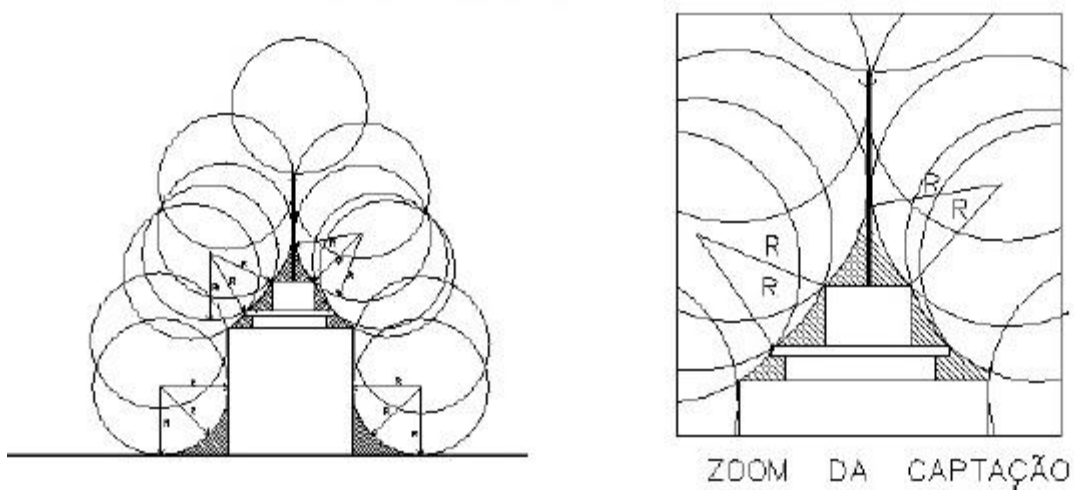


Figura 4 – Captação do Método Eletrogeométrico

## 5.3 COMPONENTES DE UM SPDA

### 5.3.1 CAPTAÇÃO

Como determina a norma técnica de para-raios NBR 5419/2001, os subsistemas de captação de para-raios podem ser compostos por ângulo de proteção (método Franklin) ou condutores em malha ou gaiola (método Faraday), ver tabela 3 abaixo.

Nível de proteção	R (m) ↓	h (m) →	Ângulo de proteção ( $\alpha$ ) - método Franklin, em função da altura do captor (h) (ver Nota 1) e do nível de proteção					Largura do módulo de malha (ver Nota 2)
			0 - 20 m	21 m - 30 m	31 m - 45 m	46 m - 60 m	> 60 m	
I		20	25°	1	1	1	2	5
II		30	35°	25°	1	1	2	10
III		45	45°	35°	25°	1	2	10
IV		60	55°	45°	35°	25°	2	20

R = Raio da esfera rolante

<sup>1</sup> - Aplicam-se somente os métodos eletrogeométrico, malha ou da gaiola de Faraday

<sup>2</sup> - Aplica-se somente o método da gaiola de Faraday

#### NOTAS

1) Para escolha do nível de proteção, a altura é em relação ao solo e, para verificação da área protegida, é em relação ao plano horizontal a ser protegido.

2) O módulo da malha deverá constituir um anel fechado, com o comprimento não superior ao dobro da sua largura.

Tabela 3 - Posicionamento de captos conforme o nível de proteção.

### 5.3.2 CAPTORES FRANKLIN

O captor para o método de Franklin (ver figura 5) é constituído por uma haste metálica pontiaguda e rígida, montada num tripé no ponto mais alto do local.



Figura 5 – Captor tipo Franklin

A norma técnica NBR 5419/2001 permite considerar a ponta de um tubo metálico como captor de para-raios, assim como uma torre metálica também pode ser considerada como um captor de para-raios.

### 5.3.3 CAPTOR TIPO GAIOLA DE FARADAY

São elementos metálicos em forma de haste de pequeno comprimento conectada às malhas captoras instaladas na parte superior das edificações, dimensionados nos projetos SPDA que utilizam o método de Gaiola de Faraday (ver figura 6).

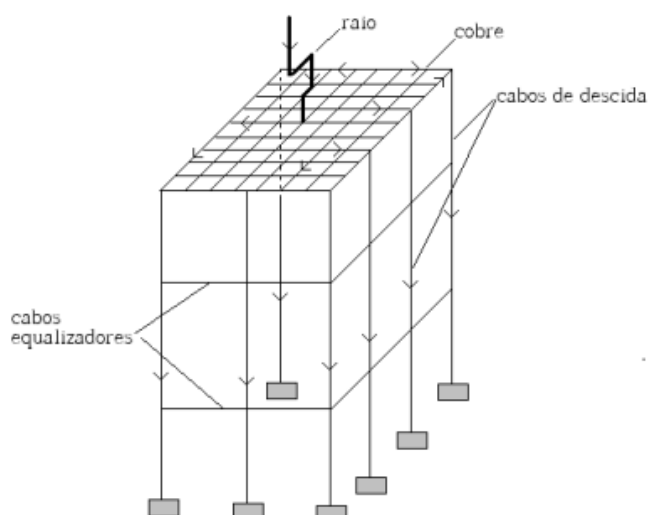


Figura 6 – Proteção por Gaiola de Faraday

No topo das estruturas, em especial naquelas com altura superior a 10 m, recomenda-se instalar um captor em forma de anel, disposto ao longo de todo perímetro. Este captor não deve estar situado a mais de 0,5 m da borda do perímetro superior da edificação, NBR 5419/2001.

Basicamente, qualquer elemento condutor exposto, isto é, que do ponto de vista físico possam ser atingidos pelos raios, devem ser considerados como parte do SPDA. Entretanto, os elementos condutores expostos devem ser

analisados para certificar se suas características são compatíveis com os critérios estabelecidos para elementos captadores da norma técnica NBR 5419/2001.

### 5.3.4 DESCIDAS

Os subsistemas de descidas, ou cabos de descidas, tem a função de receber as correntes distribuídas pela captação e as encaminham para o solo.

Para edificações com altura superior a 20 metros, as descidas tem também a função de receber descargas laterais, assumindo neste caso também a função de captação, devendo os condutores de descida, o distanciamento entre eles e a respectiva seção transversal deverão ser dimensionados conforme NBR 5419/2001, tabelas 4 e 5.

O número mínimo de descidas exigido pela NBR 5419/2001 é de dois, portanto o perímetro do prédio dividido pelo espaçamento da Tabela 4 resulta no número mínimo de descidas.

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

Tabela 4 – Espaçamentos dos subsistemas de descidas



Material	Captor e anéis intermediários (mm <sup>2</sup> )	Descidas (altura < 20m) (mm <sup>2</sup> )	Descidas (altura > 20m) (mm <sup>2</sup> )	Eletrodo de aterramento (mm <sup>2</sup> )
Cobre	35	16	35	50
Alumínio	70	25	70	-
Aço galvanizado a quente ou embutido em concreto	50	50	50	80

Tabela 5 – Espessuras mínimas dos componentes do SPDA

**NOTA**

Independentemente das espessuras, deverão ser mantidas as seções transversais mostradas na tabela 4.

Como determinação da NBR 5419/2001, a instalação dos condutores de descida deve levar em consideração o material da parede onde os mesmos serão fixados:

- a) se a parede for de material não inflamável, os condutores de descida podem ser instalados na sua superfície ou embutidos na mesma;
- b) se a parede for de material inflamável e a elevação de temperatura causada pela passagem da corrente de descarga atmosférica não resultar em risco para este material, os condutores de descida podem ser instalados na sua superfície;
- c) se a parede for de material inflamável e a elevação de temperatura dos condutores de descida resultar em risco para este material, a distância entre os condutores e o volume a proteger deve ser de no mínimo 10 cm (os suportes metálicos dos condutores de descida podem estar em contato com a parede).

### 5.3.5 RESISTIVIDADE DO SOLO

O solo possui propriedades elétricas que são determinantes para o dimensionamento dos condutores, pois é o meio no qual ficarão imersos as hastes ou eletrodos de aterramento. A resistividade do solo é definida como a resistência elétrica medida entre as faces de um cubo de solo homogêneo, com arestas iguais a 1 metro, sua unidade é  $\Omega.m$  (VISACRO 2002).

O solo em seu estado natural é um mau condutor de eletricidade, com resistividade na faixa de 100 a 1000  $\Omega.m$ , enquanto a resistividade do cobre é de  $1,67 \times 10^{-8}$  Ohms/m, ou seja, da ordem de um bilhão de vezes menor. Vale citar que a faixa de resistividade mencionada constitui-se apenas de uma referência, pois, em locais específicos, os valores de resistividade podem afastar-se muito das médias regionais (LEITE, 1996) e (VISACRO, 2002). Na tabela 6 são mostrados alguns valores típicos de resistividade do solo em algumas regiões do Brasil.

Região	Valores típicos de resistividade do solo ( $\Omega.m$ )
Minas Gerais	2.450
São Paulo	700
Paraná	200 - 1.000
Mato Grosso	500 - 2.000
Pernambuco	100 - 2.000

Tabela 6 – Resistividade de algumas regiões do Brasil

Segundo KINDERMAN (1998), os tipos de solo não são claramente definidos, então, não é possível atribuir-lhe um valor de resistividade. Entretanto, é possível, caracterizar faixas de valores característicos para os diversos tipos de solo, conforme Tabela 7.

<b>Tipos de solos</b>	<b>Resistividade (<math>\Omega.m</math>)</b>
Solos aráveis	50 a 500
Argila	300 a 5.000
Areia	1.000 a 8.000
Calcário	500 a 5.000
Granito e arenito	100 a 10.000

Tabela 7 – Valores de resistividade de alguns tipos de solo

A Tabela 7 mostra que, dependendo do tipo de solo, a resistividade elétrica do mesmo pode variar de 50 a 10.000  $\Omega.m$ .

O valor da resistividade do solo é importante para a utilização no cálculo dos valores máximos permitidos de resistência de terra, tensão de passo e toque. O cálculo da resistência de terra é simplificado quando o solo é homogêneo, ou seja, o valor da resistividade não varia com a profundidade ou com a distância. Entretanto, esta condição de homogeneidade é muito rara, daí a necessidade da estratificação do solo, representando o solo por camadas onde cada camada é uniforme e tem um valor de resistividade e uma determinada espessura.

### **5.3.6 MEDIÇÃO DA RESISTÊNCIA**

A determinação dos valores de resistividade do solo é de fundamental importância para um projeto de aterramento. Esses valores são determinados através de medições e, posteriormente, utilizados para estratificação do solo.

Para levantamento da resistividade do solo pode-se empregar diversos métodos, tais como:

- Método de Wenner;
- Método de Lee;
- Método de Schulumbeger;

O método de Wenner é o mais utilizado por ser um dos mais simples e preciso dentre os métodos existentes (TELLO, 2007) e (IEEE-80, 2000), sendo então descrito a seguir. Este método consiste em cravar quatro hastes cilíndricas no solo, de aproximadamente 50 cm de comprimento e diâmetro entre 10 e 15 mm, igualmente espaçadas por uma distância (a) e dispostas em linha, conforme mostra a Figura 7. O diâmetro das hastes não deve exceder a um décimo de (a) e as profundidades atingidas pelas hastes (h) devem ser iguais. Injeta-se no terminal 4 uma corrente no solo, a qual retorna à fonte pelo terminal 1.

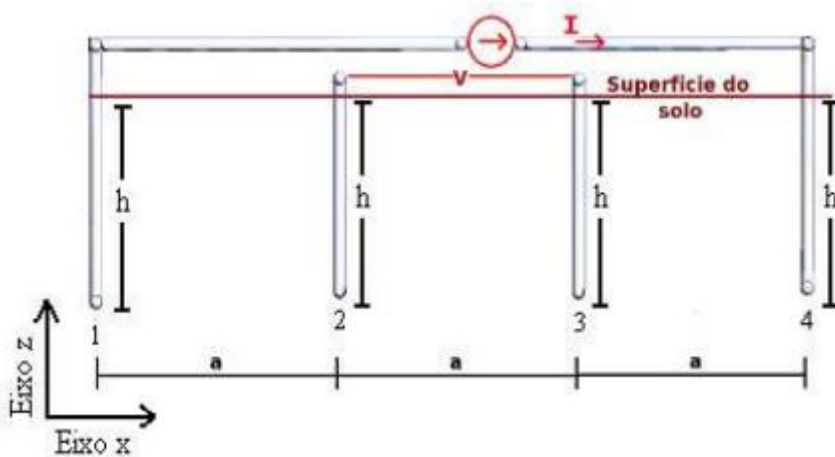


Figura 7 – Método de Wenner para medição de resistividade do solo

A queda de tensão causada pela corrente entre os terminais 2 e 3 fornecerá uma resistência R (em Ohms), que será medida através do Termômetro. Aplicado o valor encontrado na equação (3), resultará em um valor de resistividade no solo a uma profundidade em relação ao espaçamento entre hastes (IEEE-80, 2000).

$$\rho = 2\pi a R \text{ (}\Omega\cdot\text{m)} \quad \text{(Equação 3)}$$

O método considera que, praticamente 58% da distribuição de corrente que passa entre as hastes externas, ocorre a uma profundidade igual ao espaçamento entre hastes. A corrente atinge uma profundidade maior e conseqüentemente uma área de dispersão maior. Portanto, este método considera que o valor da resistência elétrica lida no aparelho é relativo a uma

profundidade "a". Esta técnica também é conhecida como resistividade aparente, (IEEE-80,2000).

### 5.3.7 SISTEMA DE ATERRAMENTO

Os sistemas de aterramento são apresentados em diversas geometrias e configurações, podendo ser uma haste vertical, hastes em paralelo, hastes em triângulo, quadrado, circunferência e malha.

Recomenda-se os mesmos espaçamentos entre hastes para otimização das configurações. Dentre estas configurações citadas, a mais eficiente é o sistema em malha.

O material utilizado na haste não interfere na resistência de terra, devido a sua resistividade ser muito baixa em relação a resistividade do solo. Tampouco o aterramento com uma única haste fornecerá a resistência de aterramento desejada. Analisando a equação (4) podem ser observados os parâmetros que influenciam na redução do valor da resistência de terra (KINDERMAN, 1998).

$$R \text{ 1 haste} = \frac{\rho a}{2\pi L} \ln\left(\frac{4L}{d}\right) (\Omega.m) \quad (\text{Equação 4})$$

$\rho a$  = Resistividade aparente do solo ( $\Omega.m$ )

L = Comprimento da haste (m)

d = Diâmetro da haste (m)

Alguns fatores que podem influenciar na resistência de terra são:

- Resistividade do solo;
- Comprimento da haste;
- Diâmetro da haste;
- Tratamento químico;
- Geometria da malha.

Segundo KINDERMAN (1998), um solo com várias camadas apresenta resistividade diferente para cada tipo de sistema de aterramento. A passagem de corrente para o solo depende da composição do solo, da geometria e das dimensões do sistema de aterramento.

Portanto, faz-se importante calcular a resistividade aparente que representa a integração entre o sistema de aterramento em relação as suas dimensões. O tamanho do sistema de aterramento corresponde a profundidade de penetração da corrente escoada. Esta penetração determina as camadas do solo, e conseqüentemente a resistividade aparente.

### **5.3.8 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, como determina a norma técnica NBR 5410/1997.

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 instalados outras caixas de equalização secundárias, conectadas às ferragens estruturais, e interligadas através de um condutor vertical conectado à caixa de aterramento principal.



Figura 8 – Caixa de equipotencialização

### **5.3.9 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.

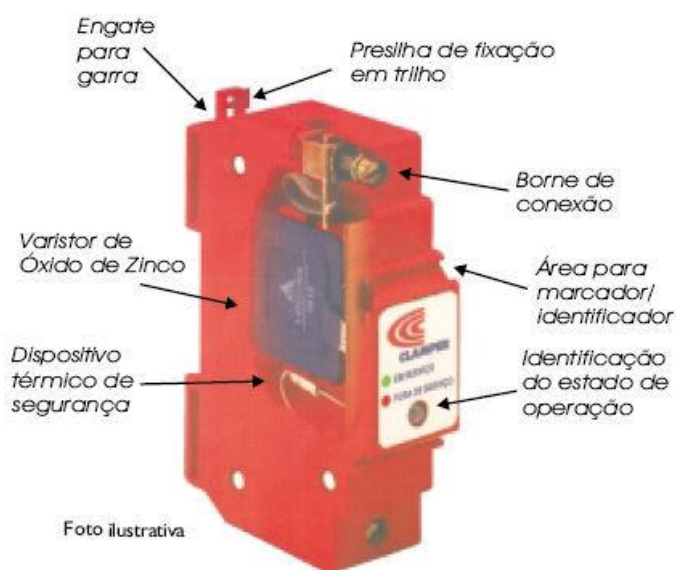


Figura 9 – Dispositivo de proteção contra surtos (DPS)

## 5.4 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 8, 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:



Classificação da estrutura	Tipo da estrutura	Efeitos das descargas atmosféricas	Nível de proteção
Estruturas comuns <sup>1</sup>	Residências	Perfuração da isolação de instalações elétricas, incêndio, e danos materiais Danos normalmente limitados a objetos no ponto de impacto ou no caminho do raio	III
	Fazendas, estabelecimentos agropecuários	Risco direto de incêndio e tensões de passo perigosas Risco indireto devido à interrupção de energia e risco de vida para animais devido à perda de controles eletrônicos, ventilação, suprimento de alimentação e outros	III ou IV <sup>2</sup>
	Teatros, escolas, lojas de departamentos, áreas esportivas e igrejas	Danos às instalações elétricas (por exemplo: iluminação) e possibilidade de pânico Falha do sistema de alarme contra incêndio, causando atraso no socorro	II
	Bancos, companhias de seguro, companhias comerciais, e outros	Como acima, além de efeitos indiretos com a perda de comunicações, falhas dos computadores e perda de dados	II
	Hospitais, casa de repouso e prisões	Como para escolas, além de efeitos indiretos para pessoas em tratamento intensivo e dificuldade de resgate de pessoas imobilizadas	II
	Indústrias	Efeitos indiretos conforme o conteúdo das estruturas, variando de danos pequenos a prejuízos inaceitáveis e perda de produção	III
	Museus, locais arqueológicos	Perda de patrimônio cultural insubstituível	II
Estruturas com risco confinado	Estações de telecomunicações, usinas elétricas Indústrias	Interrupção inaceitável de serviços públicos por breve ou longo período de tempo Risco indireto para imediações devido a incêndios, e outros com risco de incêndio	I
Estruturas com risco para os arredores	Refinarias, postos de combustível, fábricas de fogos, fábricas de munição	Risco de incêndio e explosão para a instalação e seus arredores	I
Estruturas com risco para o meio ambiente	Indústrias químicas, usinas nucleares, laboratórios bioquímicos	Risco de incêndio e falhas de operação, com consequências perigosas para o local e para o meio ambiente	I

Tabela 8 – Classificação das estruturas e seus níveis de proteção

**NOTAS:**

1) ETI (equipamentos de tecnologia da informação) podem ser instalados em todos os tipos de estruturas, inclusive estruturas comuns. É impraticável a proteção total contra danos causados pelos raios dentro destas estruturas; não obstante, devem ser tomadas medidas (conforme a NBR 5410) de modo a limitar os prejuízos a níveis aceitáveis.

2) Estruturas de madeira: nível III; estruturas nível IV. Estruturas contendo produtos agrícolas potencialmente combustíveis (pós de grãos) sujeitos a explosão são considerados com risco para arredores.

## 6 METODOLOGIA

O trabalho se classifica, segundo GIL (2001), como um estudo de caso, pois envolve o estudo profundo e exaustivo de um SPDA (Sistema de Proteção contra Descargas Atmosféricas), para estações de telecomunicações.

Os procedimentos metodológicos serão iniciados com a elaboração do capítulo de referencial teórico que terá por finalidade nivelar o conhecimento dos pesquisadores sobre o tema central. Além de obter dados que auxiliem na discussão dos resultados.

O próximo passo terá por finalidade selecionar uma estação de telecomunicações para levantamento do SPDA instalado. Para tal, será solicitado apoio à empresa BRASTEL, que presta serviços na área de telecomunicações para liberação de acesso a uma estação de telecomunicações em Minas Gerais.

Depois de selecionada a estação modelo, realizaremos o estudo do SPDA instalado, com o propósito de avaliar se o projeto e as instalações seguem os padrões e as normas como pesquisado e descrito no referencial teórico.

Por fim, após realização do estudo do SPDA instalado na estação de telecomunicações selecionada, se necessário, sugeriremos as alterações necessárias para que o SPDA possa garantir a maior eficiência possível para a estação de telecomunicações, as edificações e os equipamentos que constituem a estação e, sobretudo, a segurança das pessoas que circulam dentro ou próximo das estações.

## 7 ESTUDO DE CASO

### 7.1 ESCOLHA DA ESTAÇÃO DE TELECOMUNICAÇÕES

A estação de telecomunicações que a empresa BRASTEL liberou o acesso para realização deste estudo, está situada na cidade de Barão de Cocais - MG, entretanto, não foi permitido à divulgação das coordenadas geográficas da estação por questões de segurança.

### 7.2 LEVANTAMENTO DE DADOS EM CAMPO

O primeiro passo consiste basicamente no levantamento dos dados de campo a fim de elaborarmos o croqui da estação e viabilizar o estudo do projeto de SPDA adequado.



Foto 1 – Entrada da Estação de Barão de Cocais - MG

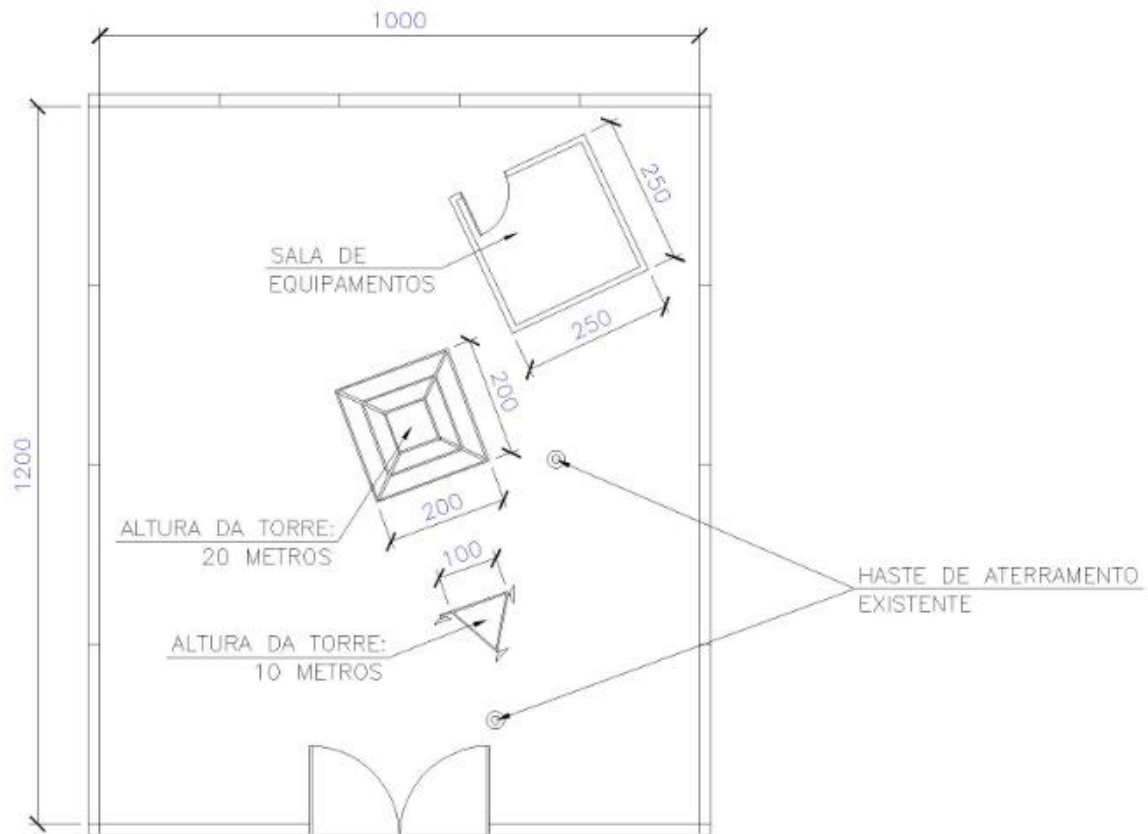


Foto 2 – Torres metálicas existentes na Estação de Barão de Cocais - MG



Foto 3 – Abrigo existente na Estação de Barão de Cocais - MG

Com as medições em mãos das duas torres, do abrigo e de toda a área que envolve a estação de telecomunicações de Barão de Cocais - MG foi possível elaborar um croqui básico que servirá de apoio no estudo de caso do SPDA.



PLANTA – BCS  
 ESCALA : 1/25

Figura 10 – Croqui elaborado a partir dos dados coletados no local

### 7.3 NÍVEL DE PROTEÇÃO DA ESTAÇÃO DE TELECOMUNICAÇÕES

Com os dados coletados e o croqui elaborado, foi necessário definir o nível de proteção conforme tabela 8 do referencial teórico.

Classificação da estrutura	Tipo da estrutura	Efeitos das descargas atmosféricas	Nível de proteção
Estruturas com risco	Estações de telecomunicações, usinas elétricas, indústrias	Interrupção inaceitável de serviços públicos por breve ou longo período de tempo. Risco indireto para imediações devido a incêndios, e outros com risco de incêndio	I

Tabela 9 – Nível de proteção adequado para o caso em estudo

## 7.4 MÉTODO DE PROTEÇÃO

A Norma NBR 5419:2001 diz, “Quaisquer elementos condutores expostos, isto é, que do ponto de vista físico possam ser atingidos pelos raios, devem ser considerados como parte do SPDA.”.

Como consta no croqui apresentado anteriormente, a estação possui 2 torres (uma de 20 metros e outra de 10 metros) de estrutura metálica galvanizada, que podem ser consideradas como parte do SPDA.

Consideramos, portanto, o método de Franklin como o SPDA mais adequado, e a estrutura metálica da torre de 20 metros como o captor do SPDA. Entretanto, foi necessário avaliar se o raio de proteção do captor natural, de acordo com o ângulo de proteção em função da altura do captor, protegeria toda a área da estação de telecomunicações.

Nível de proteção	R (m) ↓   h (m) →	Ângulo de proteção ( $\alpha$ ) - método Franklin, em função da altura do captor (h) (ver Nota 1) e do nível de proteção					Largura do módulo de malha (ver Nota 2)
		0 - 20 m	21 m - 30 m	31 m - 45 m	46 m - 60 m	> 60 m	
I	20	25°	1	1	1	2	5
II	30	35°	25°	1	1	2	10
III	45	45°	35°	25°	1	2	10
IV	60	55°	45°	35°	25°	2	20

Tabela 10 - Ângulos de proteção em função da altura do captor e do nível de proteção

A estação de telecomunicações tendo seu nível de proteção definido, (nível I de proteção), e considerando a estrutura metálica mais alta (torre metálica de 20 metros), encontramos o ângulo  $\alpha$  de proteção no valor de  $25^\circ$ .

Com o ângulo  $\alpha$  de proteção definido, calculamos o raio da proteção do captor natural, conforme equação abaixo:

$$\mathbf{R_p = H_c * tg \alpha} \quad (\text{Equação 5})$$

Onde:

**R<sub>p</sub>** - raio da base do cone de proteção em m.

**H<sub>c</sub>** - altura da extremidade do captor, em m.

**Tg $\alpha$**  - ângulo de proteção com a vertical.

$$\mathbf{R_p = 20 * tg 25}$$

$$\mathbf{R_p = 20 * 0,466}$$

$$\mathbf{R_p = 9,326}$$

Verificamos, portanto, que o raio da base do cone de proteção atende perfeitamente a área da estação de telecomunicações, como ilustrado no croqui abaixo:

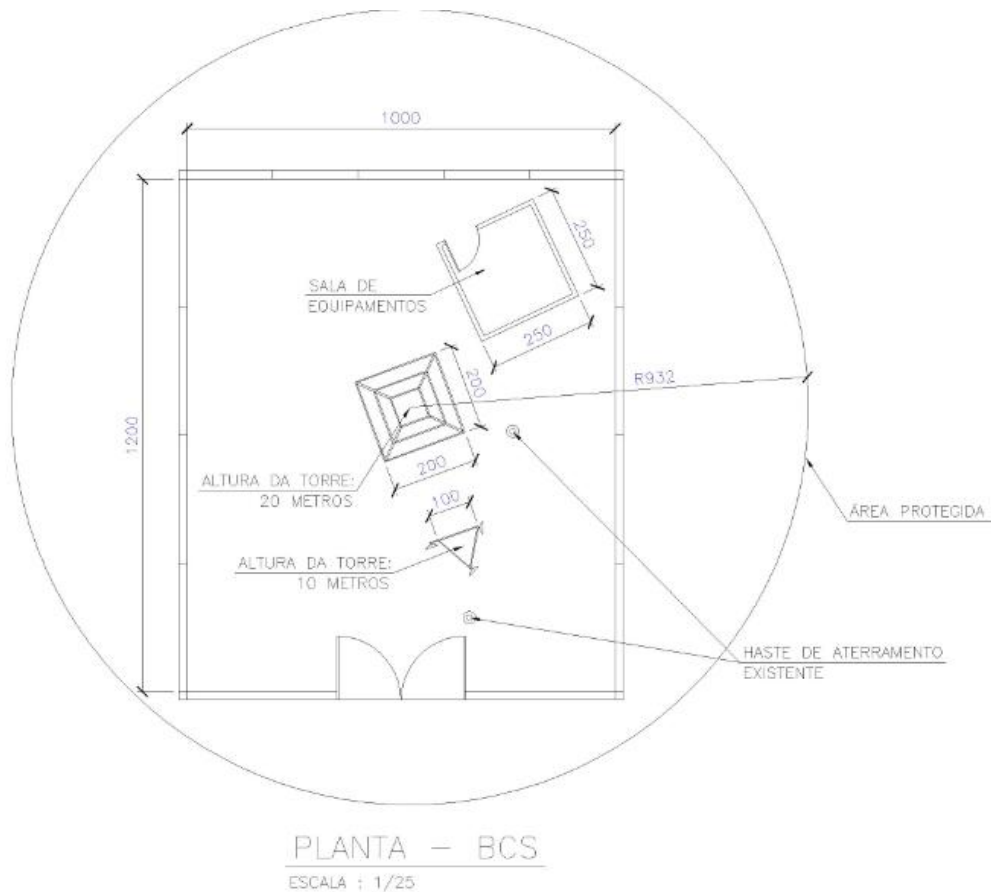


Figura 11 – Raio da base do cone de proteção do captor natural

## 7.5 ATERRAMENTO EXISTENTE

Identificamos na visita ao local que há apenas 2 hastes existentes, próximas as torres da estação de telecomunicações, entretanto, não há nenhum tipo de conexão entre as hastes, tampouco com as torres.

Aferimos a resistividade das torres, assim como das duas hastes existentes.



## 7.5.1 RESISTIVIDADE DAS TORRES

- Medição da Torre de 20 metros: 9,81 Ohms;



Foto 4 – Aferição da resistividade da torre de 20 metros

- Medição da Torre de 10 metros: 9,81 Ohms;



Foto 5 – Aferição da resistividade da torre de 10 metros

## 7.5.2 RESISTIVIDADE DAS HASTES EXISTENTES

- Medição da 1ª haste existente: 2,65 Ohms;



Foto 6 – Aferição da resistividade da 1ª haste existente

- Medição da 2ª haste existente: 4,33 Ohms;



Foto 7 – Aferição da resistividade da 2ª haste existente

## 7.6 EQUALIZAÇÃO DE POTENCIAIS INTERNOS

A equalização de potenciais internos, ou seja, a equalização dos potenciais de todas as estruturas e massas metálicas é essencial, pois é a parte do SPDA que evita a maioria dos acidentes pessoais, faíscamentos ou explosões.

Identificamos na visita ao abrigo existente, que este não possui caixas ou barras de equalização, como se observa na foto 8 abaixo:



Foto 8 – Abrigo sem a barra ou caixa de equalização

## **8 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Analisando os dados colhidos na visita a estação de telecomunicações do caso estudo, identificamos que algumas melhorias e correções no SPDA para que este se torne seguro e eficaz conforme a norma NBR 5419.

### **8.1 CAPTAÇÃO E DESCIDAS**

O método de captação e descidas mais adequado para a Estação é o método de Franklin, pois a estrutura metálica de 20 metros existente no local atende perfeitamente a Norma NBR 5419, no ponto de vista de elementos condutores expostos que possam captar e descarregar as descargas atmosféricas para a terra. Além disso, o ângulo de proteção do captor natural existente, calculado no capítulo 7.3, que garante a proteção para todo o perímetro da estação de telecomunicações em estudo, como se pode verificar na figura 11 do capítulo 7.3.

### **8.2 CONDUTORES DE ATERRAMENTO**

Identificamos que atualmente não há eficiência na dispersão das descargas atmosféricas para a terra, pois os condutores de aterramento existente são insuficientes, além de não haver interligação entre captores e condutores de aterramento. Portanto, sugerimos a instalação de uma malha de aterramento interligada através de solda exotérmica, como ilustrado na figura 12.

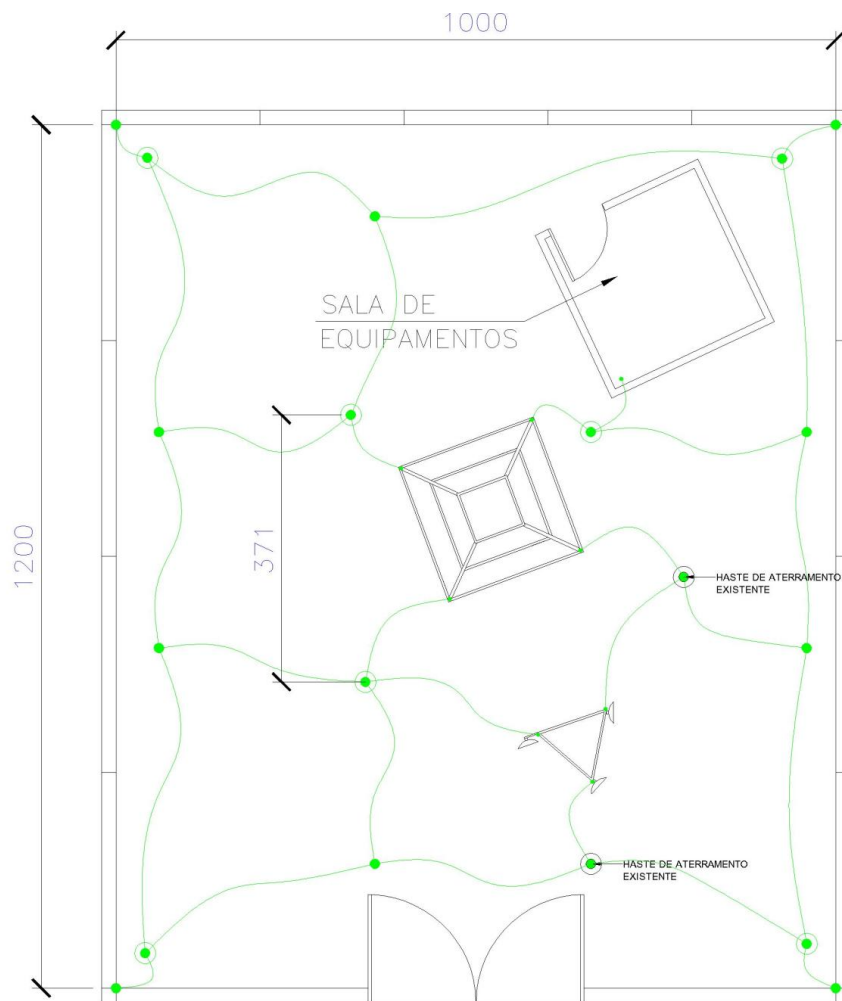
Os condutores de aterramento deverão se de cabo de cobre nu de 50 mm<sup>2</sup>.



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 5/8" x 2,40M.

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

Para acesso ao sistema de aterramento, deve haver pelo menos 2 caixas subterrâneas com tampas removíveis metálicas de 150 x 200 mm.



SIMBOLOGIA:




-  – TERMINAL/CONECTOR PARA ATERRAMENTO, TIPO – FCI
-  – HASTE TIPO COPPERWELD 5/8" X 2,40M
-  – CABO DE COBRE NU 50MM<sup>2</sup>, ENTERRADO NO MINIMO 0,50M

Figura 12 – Distribuição dos condutores de aterramento

### **8.3 CAIXA DE EQUIPOTENCIALIZAÇÃO**

Como se verifica na foto 8 do capítulo 7.5, existiu no local uma barra de cobre que não se encontra mais, portanto, será necessário instalar uma caixa de equipotencialização dentro do abrigo, 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.

## 9 CONCLUSÃO

O sistema de proteção contra descargas atmosféricas se faz necessário em praticamente todas as estações de telecomunicações, que geralmente estão situadas em locais com grande incidência de descarga atmosférica e que podem causar danos irreparáveis a equipamentos, ao ambiente e principalmente as pessoas.

Através dos estudos realizados nesse trabalho, avaliamos um SPDA utilizado em uma estação de telecomunicações em funcionamento, e destacamos alguns pontos que segue:

- De acordo as condições do local, é possível utilizar a estrutura metálica existente como captor do método de Franklin;
- Será necessário instalar condutores de aterramentos assim como as hastes de aterramento e caixa de equipotencialização a fim de equalizar sua malha de aterramento e assim melhorar sua eficiência.

É importante frisar 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.

## 10 REFERÊNCIAS

MAMEDE FILHO,J. Instalação Elétrica Industriais. 8.ed. Rio de Janeiro: LTC, 2011.

NASCIMENTO, I. J. Sistema Proteção Contra Descarga Atmosférica Aplicados na Construção Civil. Recife.p.32-34, Agosto de 2005.

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

ABNT NBR 14724: informação e documentação: trabalhos acadêmicos: apresentação. Rio de janeiro, 2005.

ABNT 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 Industriais. 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.