

## Modelo didático para SPDA tipo Franklin<sup>1</sup>

Julian Abreu da Silva<sup>2</sup>  
Natália Alves Lemos<sup>3</sup>  
Wellyngton Souza Ramos<sup>4</sup>  
Me. Eduardo Mendes<sup>5</sup>

**RESUMO:** Para ampliar e tornar significativo o processo de ensino e aprendizagem acadêmico por meio das experimentações, estratégias baseadas em vivências práticas despertam a criatividade e a análise dos alunos, tornando tais recursos uma ferramenta importante no processo de formação do docente. Este artigo apresenta o desenvolvimento de um modelo didático de um sistema SPDA (sistema de proteção contra descargas atmosféricas) para residências e prédios domiciliares. A maneira de abordar a temática foi a construção de uma maquete simplificada um sistema SPDA tipo franklin, que utilizava peças e partes reais e outras adaptadas com o objetivo de criar um modelo completo em escala reduzida de todo o sistema, além da criação de um catálogo com a descrição de todos os componentes envolvidos. O kit didático foi utilizado para demonstração e apresentação ao corpo discente e docente dos cursos de engenharia da Unidade de Ensino Superior Dom Bosco (UNDB).

**PALAVRAS-CHAVE:** Descargas Atmosféricas. SPDA. Kit Didático. Tipo Franklin.

### INTRODUÇÃO

Para elaborar um SPDA (Sistema de proteção contra descargas atmosféricas), é necessário seguir os critérios exigidos pela norma NBR 5419/2015 que se refere a proteção de estruturas. Assim, deve-se adequar o sistema para o tipo de projeto de determinada edificação. As maneiras mais usuais são: métodos Franklin, eletromagnético e das malhas (gaiola de Faraday).

Para o estudo em questão, o escolhido será o método Franklin. Ele consiste na utilização de um ou mais mastros com captores Franklin (ou seja, em forma de tridente em cima de um poste metálico, sendo instalado no ponto mais alto da edificação), de modo que todo volume da edificação a ser

<sup>1</sup>Artigo previamente apresentado no RELAJU-Nordeste

<sup>2</sup>Graduando em Engenharia Civil na Unidade de Ensino Superior Dom Bosco

<sup>3</sup>Graduanda em Engenharia Civil na Unidade de Ensino Superior Dom Bosco

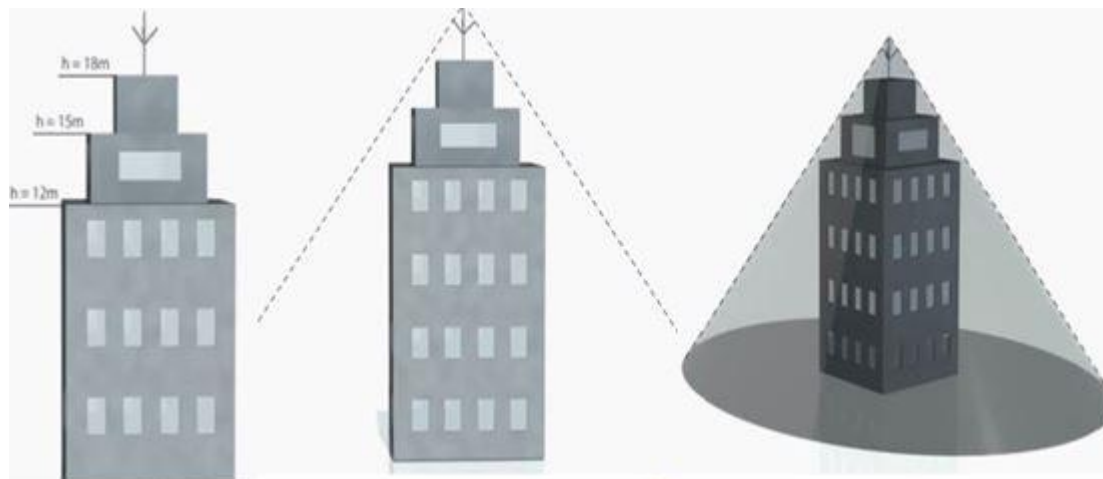
<sup>4</sup>Graduando em Engenharia Civil na Unidade de Ensino Superior Dom Bosco

<sup>5</sup>Professores orientadores

protegido fique dentro de uma zona espacial de proteção do sistema, o interior do cone de proteção criado pelo para-raios (SANTOS, 2018).

O dimensionamento da área protegida pelo Método de Franklin é baseado em um cone imaginário, cuja aresta tem origem no topo da haste vertical (captor Franklin) considerada.

**Figura 1:** Representação para um sistema SPDA do tipo Franklin:



**Fonte:** SABER ELÉTRICA, 2017.

O método Franklin foi inventado por Benjamin Franklin em 1752, conhecido popularmente como para-raios, é uma haste metálica pontiaguda, instalada em um local mais alto conectada ao fio condutor de cobre a terra, sua parte superior é composta por um grupo de 4 pontas platinadas. Todo esse conjunto capta a descarga elétrica e a transporta para dispersão em terra. Se bem instalado é um sistema eficiente, diminuindo o perigo de raios e evitando danos mais graves.

Para Santos (2018), o dimensionamento por este método leva em consideração o nível de proteção e a altura da edificação para se obter o ângulo de proteção dos captores em relação à posição da área de exposição analisada.

De acordo com a norma NBR 5419/2015, o ângulo de proteção varia de acordo com a altura dentro de cada nível de proteção ainda limitado por um valor de altura máxima. Para edificações acima de 20 metros, recomenda-se a utilização de dois métodos, o Franklin, e o das malhas, visto que utilização de

apenas um não será eficaz para proteger toda a estrutura, devido o ângulo de proteção ser baixo.

## 1 METODOLOGIA

O presente estudo foi conduzido dentro do período de três semanas. Para sua condução foi realizada a pesquisa bibliográfica em livros, normas técnicas e sites especializados, passando pelo processo de montagem do modelo SPDA simplificado a partir de informações obtidas em campo sobre os materiais utilizados.

## 2 MATERIAIS E METÓDOS

O ângulo de proteção para o método SPDA Franklin é definido de acordo com as especificações da Norma ABNT 5419/2015 e varia conforme o nível de proteção e altura da edificação. Podendo ser verificada conforme tabela 1 da norma técnica citada, demonstrada abaixo:

**Quadro 1:** Tabela dos ângulos de proteção do método de Franklin:

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 da malha (ver Nota 2) m
			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.  
 1) Aplicam-se somente os métodos eletrogeométrico, malha ou da gaiola de Faraday.  
 2) 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.

Fonte: NBR 5419/2015.

O modelo proposto foi pensado exclusivamente para fins didáticos, porém é importante o esclarecimento de algumas considerações sobre um projeto de SPDA. Uma delas é a análise da edificação e compreender em qual nível de proteção a mesma se encaixa conforme a norma.

Como é possível verificar na tabela acima, existem quatro níveis de proteção que a norma técnica abrange, os diferentes tipos de edificação são compreendidos conforme tabela abaixo:

**Quadro 2:** Níveis de proteção:

<b>2º ESTRUTURAS COM DANOS CONFINADOS:</b> as preocupações devem ser com os efeitos na própria estrutura e com a atividade executada internamente.	Telecomunicação, usinas de força, indústria com risco de incêndio	Inaceitável perda de serviços ao público por pequeno ou longo período de tempo. Perigo às imediações devido a incêndios.	I
<b>3º ESTRUTURAS COM PERIGO AOS ARREDORES:</b> as preocupações devem ser com os efeitos anteriores, mais com os efeitos nas estruturas adjacentes ou de certa região.	Refinarias, depósitos de combustíveis, fábricas de inflamáveis, fábricas de munição	Conseqüências de incêndio e explosão da instalação para os arredores.	I
<b>4º ESTRUTURAS COM DANOS AO MEIO AMBIENTE:</b> as preocupações devem ser com os efeitos temporários ou permanentes no meio ambiente.	Instalações químicas, laboratórios, instalações nucleares, bioquímicas, etc.	Fogo e mal funcionamento da fábrica com conseqüências perigosas ao local e ao meio ambiente como um todo.	I

Fonte: ABNT NBR 5419/2015.

Outra consideração de suma importância ao projeto, é o nível de incidência de raios no local da construção, dado através do índice ceraúnico, que explana sobre a quantidade de dias de trovoadas, podendo assim o projetista estabelecer critérios de seguranças mais precisos.

**Quadro 3:** Posicionamento de captores conforme o nível de proteção:

Nível de proteção	R 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 da malha (ver Nota 2) m
		0 - 20 m	21 m - 30 m	31 m - 45 m	46 m - 60 m	> 60 m	
I	20	25°	<sup>1)</sup>	<sup>1)</sup>	<sup>1)</sup>	<sup>2)</sup>	5
II	30	35°	25°	<sup>1)</sup>	<sup>1)</sup>	<sup>2)</sup>	10
III	45	45°	35°	25°	<sup>1)</sup>	<sup>2)</sup>	10
IV	60	55°	45°	35°	25°	<sup>2)</sup>	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.

Fonte: ABNT NBR 5419/2015.

**Figura 2:** Mapa de curvas isoceraúnicas do Brasil:



**Fonte:** ABNT NBR 5419/2015.

O índice ceraúrico (IC) é definido conforme o valor das isoceraúnicas (as linhas no mapa), a partir desse valor é possível calcular o valor da densidade de raios (DR) que incide sobre determinada região, para o cálculo é levado em conta a constante  $DR = 0,0024$  com IC elevado a 1,63, então através da fórmula temos que:

$$DR = 0,0024 \times IC^{1,63} \quad (1)$$

Considerando a fórmula, constatamos que São Luís possui uma densidade de incidência de raios equivalente a 0,61, ou seja, incidem na região, cerca de 0,61 raios por ano.

Para determinar a área de captação, área definida como a região em que se o raio incidir o mesmo será atraído pelo captor temos que:

$$S_{\text{captação}} = S_{\text{edificação}} + S_{\text{contígua}} \quad (2)$$

$S_{\text{edificação}}$  = área da própria edificação

$S_{\text{contígua}}$  = área de uma faixa com largura constante igual a altura da edificação.

Como o projeto possui dimensões reduzidas, os cálculos de todos os valores conforme a norma, seria desnecessário um sistema SPDA, tendo em vista que seu número de raios incidentes calculado através da equação:

$$N_{\text{raios incidentes}} = S_{\text{captação}} \times DR \quad (3)$$

Que através da norma determina que  $N_{\text{raios incidentes}} \geq 10^{-3}$  o SPDA é indispensável e  $N_{\text{raios incidentes}} \leq 10^{-5}$  é dispensável.

Além de todas essas considerações temos o índice de risco a ser estimado a partir da combinação de vários fatores, conforme formula abaixo:

$$R = \frac{A + B + C + D + E}{F} \quad (4)$$

**Quadro 4:** Fatores de classificação da Região:

**FATOR A:** Leva em consideração o tipo de estrutura, área construída e altura:

FATOR A	Tipo de estrutura e área construída
1	Residência com $A \leq 465\text{m}^2$
2	Residência com $A > 465\text{m}^2$
3	Residências, escritórios ou fábricas com $A \leq 2325\text{m}^2$ e $h \leq 15\text{m}$
4	Residências, escritórios ou fábricas com $15\text{m} \leq h \leq 23\text{m}$
5	Residências, escritórios ou fábricas com $A > 2325\text{m}^2$ ou $23\text{m} \leq h \leq 46\text{m}$
7	Serviços públicos de água, bombeiros, polícia, hangares
8	Usinas geradoras, centrais telefônicas, biblioteca, museus, estruturas históricas, ou prédios com $h \leq 46\text{m}$
9	Construções de fazendas, abrigos em área aberta, escolas, igrejas, teatros, estádios.
10	Chaminés, torres, hospitais, armazéns de materiais perigosos.

**FATOR B:** Considera o material de construção utilizado:

FATOR B	Material utilizado
1	Qualquer estrutura, salvo madeira, com telhado metálico eletricamente contínuo.
2	Estrutura de madeira, com telhado metálico eletricamente contínuo
3	Qualquer estrutura com telhado composto ou não contínuo
4	Estrutura de aço, concreto ou madeira com telhado metálico não contínuo
5	Estrutura não metálica com telhado de madeira ou barro.

**FATOR C:** Considera a área ocupada e a altura das edificações vizinhas:

FATOR C	Área ocupada e altura da edificações vizinhas
1	Área ocupada $\leq 929m^2$ e estruturas vizinhas mais altas.
2	Área ocupada $> 929m^2$ e estruturas vizinhas mais altas.
4	Área ocupada $\leq 929m^2$ e estruturas vizinhas mais baixas.
5	Área ocupada $> 929m^2$ e estruturas vizinhas mais baixas.
7	Altura maior que as da vizinhança, mas não as ultrapassando de 15m.
10	Altura maior que 15m em relação aos prédios vizinhos.

**FATOR D:** Considera a topografia:

FATOR D	Relevo
1	Planície
2	Encosta de colinas
4	Topo de colinas
5	Topo de montanha

**FATOR E:** Leva em consideração a ocupação da edificação:

FATOR E	Tipo de ocupação
1	Materiais não combustíveis
2	Móveis residenciais ou similares
3	Animais ou gado bovino
4	Local de reunião com menos de 50 pessoas
5	Material combustível
6	Local de reunião com 50 pessoas, ou mais
7	Equipamentos ou material de alto valor
8	Serviços de gás, gasolina, telefonia, bombeiros, pessoas imobilizadas ou leitos
9	Equipamento de operação crítica
10	Conteúdo histórico ou explosivo.

**FATOR F:** Depende do índice cerâmico:

FATOR F	Índice cerâmico
1	$> 70$
2	61 a 70
3	51 a 60
4	41 a 50
5	31 a 40
6	21 a 30
7	11 a 20
8	06 a 10
9	$< 6$

**NÍVEL DE RISCO DA EDIFICAÇÃO:**

Índice de Risco - R	Nível de Risco
0 a 2	Leve
2 a 3	Leve a moderado
3 a 4	Moderado
4 a 7	Moderado a severo
$> 7$	Severo

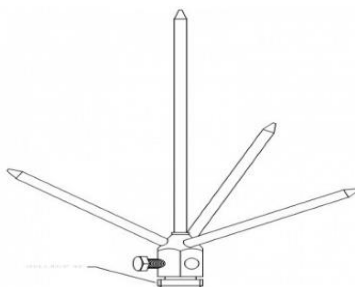
Fonte: ABNT NBR 5419/2015.

Após todas as considerações, o projeto pode ser então realizado com boa margem de segurança definida.

## 2.1 Captor Franklin

Existem dois tipos de captor Franklin, o de uma descida e o de duas descidas. Em que se diferenciam pelo fato de que o sistema de captação com duas descidas ter maior eficiência, já que no caso de uma descarga atmosférica o raio descerá mais rápido para o aterramento, além de dar mais proteção a edificação.

**Figura 3:** Captor Franklin:



**Fonte:** <http://www.pepa.com.br/produto/franklin-latao-para-raio-300mm-2-descida-dr2-raycon-raycon-1703>.

## 2.2 Fio de cobre

É de suma importância a existência de um sistema de proteção contra descargas atmosféricas (SPDA) em uma edificação, pois é ele o pilar da proteção, tanto para as pessoas quanto para os equipamentos. Segundo a NBR 5419/2015, os materiais são compostos principalmente pelos condutores, ou seja, os fios e cabos de cobre, além de fixação e conexões. Para a construção do SPDA, utiliza-se cabos de cobre nu. Todos os materiais utilizados em um SPDA, devem atender ao dimensionamento citado em norma e ao estudo da resistência aos efeitos causados e recebidos no ambiente de sua aplicação.

Para a NBR 5419/2015, são descritos nas tabelas 6 e 7 os materiais, as configurações e suas dimensões mínimas para os captos, descidas e eletrodos de aterramento. Nela pode-se observar os diâmetros e espessuras referentes a cada projeto, a fim de garantir uma melhor qualidade.

No caso do cabo de cobre, para captos e descidas, a seção estabelecida na tabela 6 é de 35 mm<sup>2</sup>. Na coluna de comentários, a informação



complementar é o diâmetro de cada fio do cabo que deve ser de 2,5 mm. Neste caso, a formação será de sete fios. No caso do cabo de cobre como eletrodo de aterramento, a seção estabelecida na tabela 7 é de 50 mm<sup>2</sup>. Na coluna de comentários, a informação complementar é o diâmetro de cada fio do cabo que deve ser de 3 mm. No estado do Maranhão a formação também deverá ser de sete fios. Ou seja, a formação de 19 fios, também disponível no mercado para esse cabo, não estará de acordo com a nova norma.

Para a escolha de fios e cabos de cobre, deve-se atentar para sua resistência, a sua milimetragem e a cor, para que o projeto ocorra com excelência.

Faltou falar - Condutores Rígidos (fitas e barras)

### **2.2.1 Tipos de fios e cabos de cobre**

Os fios condutores são formados internamente por apenas um fio, devido a sua pouca flexibilidade, estes fios são aplicados em instalações telefônicas, em áreas abrasivas enfim, em áreas externas, onde é necessário que o condutor tenha uma alta resistência, para evitar rompimentos. No mercado os fios são conhecidos como fios sólidos, que se compõem por apenas um condutor.

Já os cabos, são formados por vários pequenos condutores que se entrelaçam, tornando-os extremamente flexíveis. Esses condutores são bastante utilizados em locais que necessitam de ângulos fechados, em máquinas e em partes móveis de instalações elétricas, devido a sua alta maleabilidade e por não se romperem com facilidade.

Os cabos elétricos são classificados de acordo com sua área transversal, ou seja, sua seção transversal, quanto maior a quantidade de corrente elétrica transmitida por um cabo maior será a seção transversal do condutor. Observe a classificação das principais classes de cabos condutores utilizados:

- Classe 03 = Composto por 7 condutores = classificação rígido;
- Classe 04 = Composto por 45 condutores = classificação Flexível;
- Classe 05 = Composto por 75 condutores = classificação Extra Flexível

### 2.2.1.1 Fio sólido

Este tipo de fio geralmente é fabricado em cobre e o material utilizado para a isolação do fio é o PVC, policloreto de polivinila (ou policloreto de vinil) que é um tipo de plástico. Pode ser encontrado no mercado suportando a tensão elétrica de até 750V.

É aplicado em quadros elétricos, tomadas, chuveiros e em instalações residenciais. Sua principal característica é a pouca flexibilidade, onde muitas vezes durante sua instalação, ocorre a fadiga e o rompimento do fio, interrompendo assim a passagem de corrente elétrica.

**Figura 4:** Fio sólido:



Fonte: Leroy Merlin.

### 2.2.1.2 Cabo flexível e cabo rígido

Este tipo de cabo geralmente é fabricado em cobre e para o isolamento se aplica o PVC. Podemos encontrar no mercado dois níveis de isolamento para este tipo de cabo elétrico, o mais comum tem isolamento 750V e o de camada mais espessa, consegue isolar até 1KV. As aplicações desses cabos são diversas, que pode ir de instalações residenciais até mesmo para aplicações industriais.

Os cabos flexíveis são de fácil instalação e muito maleáveis, eles deslizam nos eletrodutos e fazem qualquer tipo de curva que a tubulação exigir. Por serem bastante flexíveis e usuais, no mercado encontramos de diversas seções transversais, variando de 1mm<sup>2</sup> e 25mm<sup>2</sup>, mas que podem chegar até 300 mm<sup>2</sup>.

**Figura 5:** Cabo flexível:



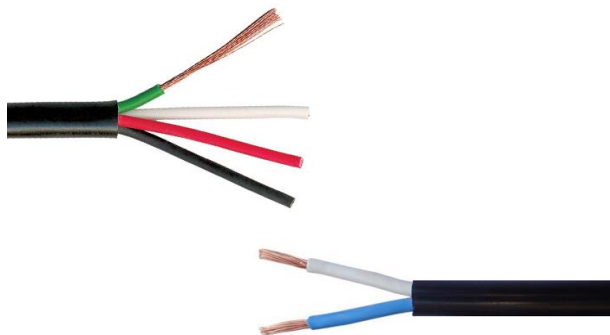
**Fonte:** WALMART.

### 2.2.1.3 Cabos pp:

Fabricados da mesma forma que os cabos flexíveis, constituem-se por dois ou mais cabos, sua proteção é de PVC, com uma proteção mecânica e uma camada de isolamento que isola os cabos encerrando os cabos em um só, entretanto na camada externa os cabos permanecem isolados.

Sua utilização varia desde a ligação de eletrodomésticos, a aplicações industriais, devido ser seguro em relação a fuga de corrente para a terra e possuir grande flexibilidade. No mercado são encontrados os cabos PP's de dois, três e quatro condutores, com sessão de 1 a 500 mm<sup>2</sup>. Seu revestimento pode ter a cor preta ou branca, mas os revestimentos dos cabos internos levam as cores de acordo com a NBR5410.

**Figura 6:** Cabos pp:

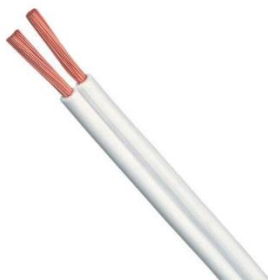


**Fonte:** Leroy Merlin.

#### **2.2.1.4 Cabos paralelos:**

Utilizados em instalação de aparelhos pequenos, portáteis e de iluminação, os cabos paralelos são constituídos por fios de cobre e são considerados flexíveis. Sua espessura varia entre  $2 \times 0,5 \text{mm}^2$  a  $2 \times 4 \text{mm}^2$ .

**Figura 7:** Cabo paralelo:



**Fonte:** Extra.

#### **2.2.1.5 Condutores Flexíveis (Cabos e cordoalhas):**

Essa tipologia de cabos tem sua composição em arame de aço denso e com menos “fios” que um cabo de aço. As cordoalhas já possuem uma rigidez maior em sua construção pois ela é formada por 6 partes helicoidais se entrelaçando. O tipo de metal usado é o zinco sendo fabricado de acordo com a norma NBR 5908 e a norma americana ASTM A363, as duas normas utilizam um sentido anti-horário no encordoamento do cabo que resulta em um tamanho de 12 a 16 vezes maior que um cabo comum (CableMax, 2010).

#### **2.2.1.6 Condutores Rígidos:**

Os condutores são denominados por classes, que no final são essas que determinam se um fio ou cabo é rígido. Para os rígidos existem apenas um fio condutor no seu interior, com uma seção maior ou igual a um flexível (Metta Agrocenter, 2016).

## 2.3 Isolador

Em um projeto de SPDA, ao se realizar o lançamento das cordoalhas deve-se fixá-las a uma distância pré-determinada pela NBR 5419. Uma das formas de realizar esta fixação é utilizando Isoladores.

Os isoladores são utilizados para manter os cabos afastados da estrutura, como também mantê-los na posição previamente definida, para que o cabo permaneça esticado.

### 2.3.1 Tipo de material que compõe o isolador

É formado por uma pequena haste/suporte de metal e o engate é constituído de plástico em formato de circular.

**Figura 8:** Modelo de isoladores:



**Fonte:** AUTTEC Materiais Elétricos.

## 2.4 Eletroduto de PVC

Para um método Franklin o mais usual é um eletroduto de PVC pois possui uma proteção contra corrosão e superaquecimentos. Esse tipo de eletroduto entrega um isolamento térmico e está contra a umidade presente no local da instalação do sistema SPDA. Além disso, possuem uma grande durabilidade e características de antichamas caso ocorram acidentes no sistema (site: [www.fg.com.br](http://www.fg.com.br), 2018).

**Figura 9:** Tubo de PVC rígido:



Fonte: <https://www.fg.com.br/eletroduto-pvc-rigido-anti-chama-rosca-1--preto/p>.

## 2.5 Haste para aterramento

De acordo com a NBR 13571/1996, haste de aterramento pode ser definida como um eletrodo de aterramento constituído por uma barra cilíndrica rígida de aço cobreado por eletrodeposição, podendo ou não ter suas extremidades rosqueada. A haste com extremidade rosqueada possibilita o prolongamento do eletrodo, onde esse prolongamento pode ser feito por luva de emenda ou solda exotérmica. Se em alguma situação for necessário o uso de acessórios juntamente com a haste, utiliza-se o conector de aterramento e luva de emenda.

A norma institui também as condições do material da haste de aterramento juntamente quais de seus acessórios devem ser fabricadas com materiais de primeira qualidade, apresentando bom aspecto em seu acabamento, para que assim possam suportar as condições elétricas, mecânicas e químicas (resistência a corrosão) que são submetidos após sua instalação.

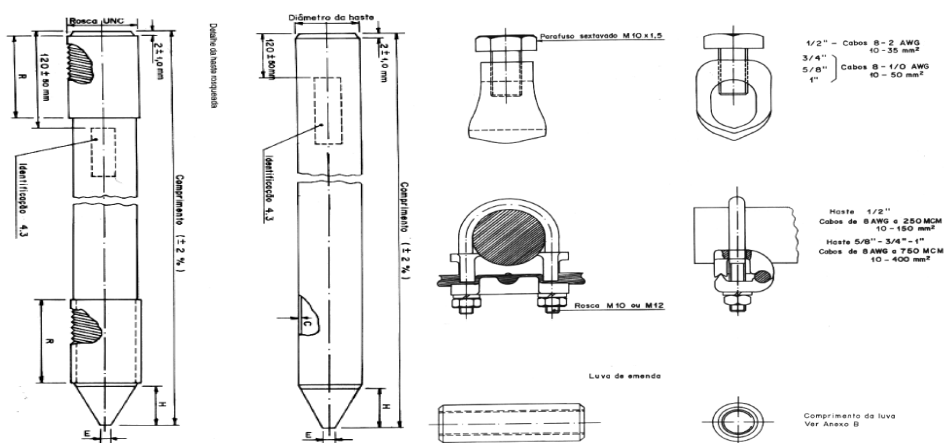
Está haste deverá ter, em sua extremidade, uma ponta para facilitar sua penetração no solo. As imagens abaixo mostrarão como esta haste deve ser, assim como, o tipo de conector de aterramento para haste deve ser indicado, e o tipo de luva de emenda caso a haste seja rosqueada:

**Figura 10:** Haste de aterramento.



Fonte: Acervo do autor.

**Figura 11:** Haste de aterramento e seus conectores de acordo com a NBR 13571/1996:



Fonte: NBR 13571:1996.

O seu transporte pode ser feito em feixes amarrados ou cintado, se caso o fabricante não tiver estabelecido outra forma. Já o seu armazenamento não pode ter contato com papelão ou papel, pois ao terem contato com água pode causar corrosão na haste.

### 2.5.1 Instalação da haste de aterramento:

O estudo da execução de como essa haste deve ser cravada no solo é de suma importância, pois a falta de conhecimento pode causar choques elétricos e queima de equipamentos da edificação. Sua instalação não é

caracterizada como complexa, mas é comum encontrar erros relacionados a sua execução, assim os métodos adotados para facilitar sua execução podem acabar comprometendo a eficiência desse recurso de segurança.

Diante dos erros mais comuns, estão o uso de haste cobreada com medidas abaixo de dois metros e quarenta, e o sub dimensionamento do condutor de terra. Durante sua execução, é fundamental não bater diretamente com a marreta sobre a haste cobreada afim de crava-la no solo. Esse tipo de execução sem o auxílio de um caibro poderá danificar a cabeça da haste impedindo com que o conector seja colocado. Esse tipo de execução poderá também provocar a retirada da camada de cobre que faz o revestimento da haste, que com o tempo poderá ocasionar a oxidação.

Com isso, segue abaixo o passo a passo da execução do aterramento elétrico de acordo com o Carvalho (2014), tendo como base o livro “Equipe de obra” da editora Pini (2012):

1º Passo: Abrir uma vala para que possa passar o eletroduto plástico e com uma colher de pedreiro limpar essa vala para a retirada do excesso de pedras e sujeiras grossas.

2º Passo: Abrir uma vala para colocar a caixa de inspeção do aterramento.

3º Passo: Posicionar a caixa de inspeção de modo que a entrada do eletroduto esteja alinhada com a entrada da caixa.

4º Passo: Fixação do eletroduto rígido na caixa de inspeção com o uso do conector cabo-haste. Vale lembrar que esses conectores só devem ser usados para condutores de secção até 35mm<sup>2</sup>.

5º Passo: Inserir o eletroduto e rosquea-lo pelo lado de dentro da caixa até ficar fixo ao local. É de imprescindível que não haja descuidos nessa etapa, pois, se mal executada, poderá causar choques elétricos e queimas de equipamentos.

6º Passo: Preencher com terra os espaços vazios da caixa de inspeção, ajudando sua fixação no solo.

7º Passo: Aplicação de água dentro da caixa de inspeção, objetivando a facilidade de penetração da haste no solo.

8º Passo: Aplicar quantidade de força necessária para cravar a haste no centro da caixa de inspeção.

9º Passo: Retirar a haste, umedecer novamente o solo e repetir o 8º passo até conseguir introduzi-la quase por completo no solo.





10º Passo: Finalizar a etapa de aplicação da haste com o auxílio de um pedaço de caibro e uma marreta. A haste deve ser fixada até a metade da altura da caixa de inspeção.

11º Passo: Transpassar o condutor de aterramento pelo eletroduto até a caixa de inspeção.

12º Passo: Desencapar o fio condutor e posteriormente fazer a conexão do condutor a haste. É importante apertar o conector até sentir que a rosca do parafuso esteja travada. Para isso, poderá puxar o condutor para saber se está fixo.

13º Passo: Preencher a caixa de inspeção com brita a uma altura que seja possível a visualização do conector. Esse preenchimento ajuda a manter a umidade do solo próximo a haste.

## 2.6 Caixa de inspeção

Uma característica intrínseca do sistema de aterramento é sua localização enterrada - no mínimo 50 cm de profundidade no solo, conforme o “arranjo B” previsto na NBR-5419/2015. A necessidade de ensaios, de inspecionar o estado de conservação dos componentes ou simplesmente atestar a existência física de dado eletrodo por inspeção visual, pode se tornar tarefa quase impossível na inexistência de um projeto atualizado conforme construído que dê informações confiáveis sobre a posição correta do eletroduto de aterramento. Tais necessidades são solucionadas facilmente com o uso de caixa de inspeção, cuja obrigatoriedade é determinada na NBR-5419/2015, conforme o item 5.1.4.2.6:

“Conexões mecânicas embutidas no solo devem ser protegidas contra corrosão, através da instalação de uma caixa de inspeção com diâmetro mínimo de 250 mm que permita o manuseio de ferramenta. Esta exigência não se aplica a conexões entre peças de cobre ou cobreadas com solda exotérmica ou conectores de compressão.” (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2015).

Outra função que pode ser assumida pela caixa de inspeção do aterramento, é o abrigo da conexão de medição, também exigência da NBR-5419/2015 em seu item 5.1.2.6:

“Cada condutor de descida (com exceção das descidas naturais ou embutidas) deve ser provido de uma conexão de medição, instalada próxima do ponto de ligação ao eletrodo de aterramento. A conexão deve ser desmontável por meio de ferramenta, para efeito de medições elétricas, mas deve permanecer normalmente fechada.” (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2015)

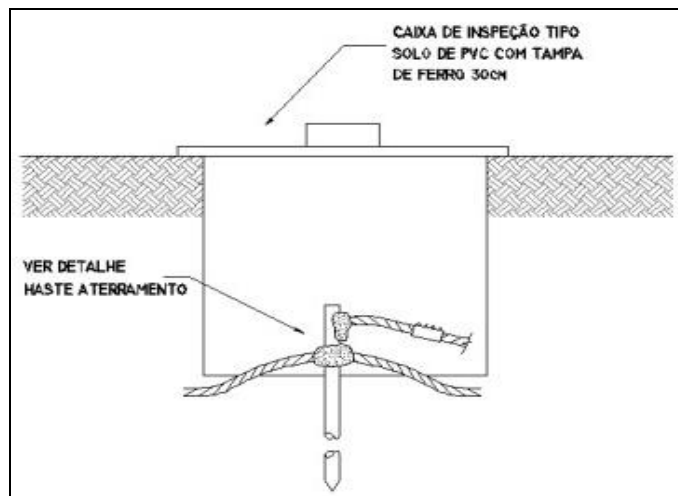
Detalhe de Haste de Aterramento em Caixa de Inspeção Tipo Solo para SPDA:

**Figura 12:** Caixa de inspeção:



**Fonte:** Site <http://www.cigame.com.br/caixa-de-inspecao-de-pvc-para-aterramento-200mm-com-tampa/p>.

**Figura 13:** Detalhe de Haste em caixa de inspeção:



**Fonte:** Site <http://capsula.arq.br/?p=1801,2017>.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após a definição dos materiais pode-se estabelecer o modelo a ser construído conforme normatização da ABNT pela 5419/2015. Para fins de

objetivos didáticos, optou-se pela exemplificação de um modelo SPDA não isolado, de modo que a visualização possa ser mais facilmente entendida.

O dimensionamento da área protegida pelo Método de Franklin é baseado em um cone imaginário, cuja aresta tem origem no topo da haste vertical (captor Franklin) considerada. Conforme a norma para um SPDA não isolado do volume a proteger, seu subsistema com o captor deverá ser posicionado no topo do volume, como demonstrado na figura abaixo:

**Figura 14:** Simulação de SPDA modelo Franklin:



**Fonte:** Portal Saber Elétrica acesso em 24 de Outubro de 2018.

Alguns pontos são considerados importantes para análise do posicionamento do SPDA na edificação, tendo em vista que há a existência de captosres naturais, como por exemplo estruturas metálicas e ou elementos condutores em geral. O material que não suportar a descarga de um raio deverá ser posto abaixo da proteção do captor, e o material que não for possível ser colocado deverá atender as especificações da Norma ABNT NBR 5419/2015 que explana sobre condutores naturais.

O sistema SPDA possui duas funções primordiais:

- Através das pontas, neutralizar o crescimento do gradiente de potencial elétrico entre a atmosfera e o solo, por intermédio de um permanente escoamento de cargas elétricas para o solo.
- Oferecer a possíveis descargas elétricas atmosféricas um caminho preferencialmente mais seguro, evitando que a mesma atinja diretamente a edificação e demais objetos que venham a estar ao redor.

Um sistema de proteção como este não inibe a incidência de descargas elétricas e tampouco promove a incidência das mesmas.

Para a construção do modelo simplificado foi pensado em uma base que pudesse representar o volume da edificação, com uma base retangular em madeira compensada de 90x90cm, apoiando uma torre também retangular de 1m de altura com tamanhos laterais em 30x30cm. Conforme visualização abaixo:

**Figura 15:** Base do modelo estrutural com caixas de inspeção fixada:



**Fonte:** Acervo do autor.

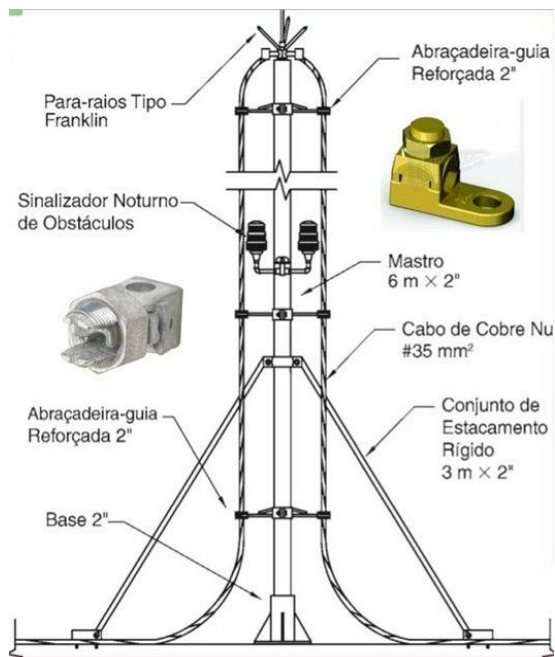
**Figura 16:** Modelo estrutural de compensado com isolantes fixados:



**Fonte:** Acervo do autor.

Após a montagem da base é montado o captor conforme esquema abaixo:

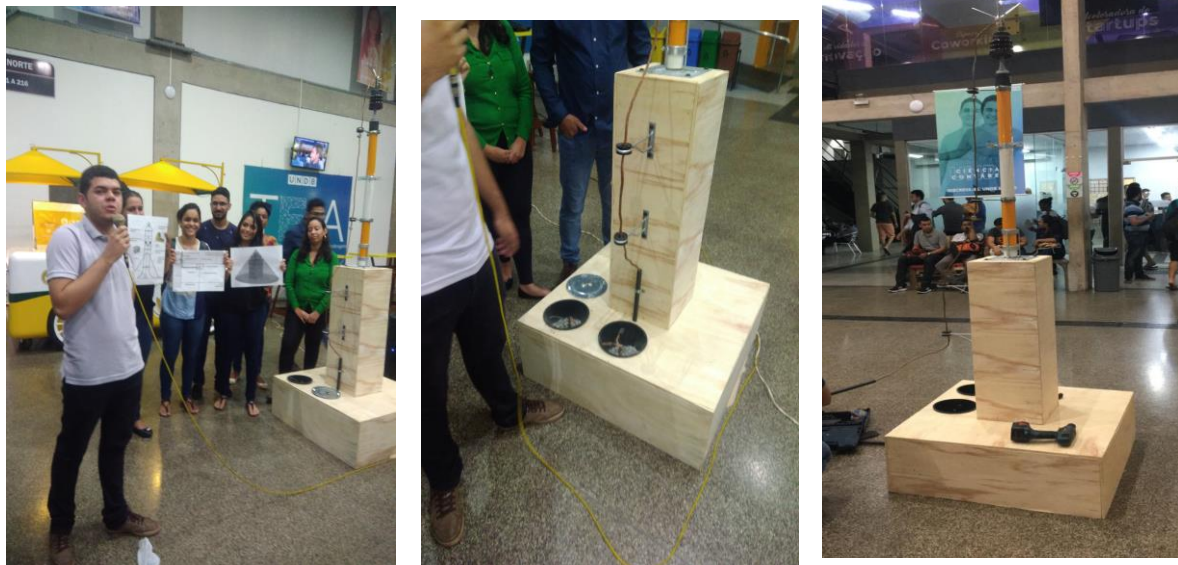
**Figura 17:** Modelo real da torre de Franklin:



**Fonte:** Acervo do autor.

Após a montagem do captor o mesmo é colocado sobre a base, como demonstrado na figura abaixo:

**Figura 18:** Modelo SPDA montado:



**Fonte:** Acervo do autor.

## CONCLUSÃO

O estudo desenvolvido criou uma metodologia de conhecimento e uma fonte bibliográfica segura para profissionais e acadêmicos da área da engenharia que irão trabalhar com SPDA. Assim, o catálogo e a maquete cumpriram o objetivo de serem desenvolvidos de maneira simples, para trazer conhecimentos básicos e norteadores aos que irão iniciar um projeto de proteção contra descargas elétricas.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Agroterra. **Tubo Pvc Flexível com Espiral de Pvc Rígido Amarelo**. Disponível em: <<https://www.agroterra.com/p/tubo-pvc-flexible-con-espiral-de-pvc-rigido-amarillo-desde-toledo-3037203/3037203>>. Acesso em: 24 out. 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13571**: Haste de aterramento aço-cobreada e acessórios: Especificação. Rio de Janeiro, 1996.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5419**: Proteção contra descargas atmosféricas. Rio de Janeiro, 2015.

AUTTEC Materiais Elétricos. **Isolador reforçado com chapa de encosto**. Disponível em: <<http://auttec-rs.com.br/produtos/para-raios/isolador-reforcado-com-chapa-de-encosto.html>>. Acesso em: 24 out. 2019.

BOHN, Adolar Ricardo. Projeto de Sistema de Proteção Contra Descargas Atmosféricas. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, v. 1, n. 1. Disponível em: <[https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/2589375/mod\\_resource/content/1/ecv5317\\_apostila\\_da%20%281%29.pdf](https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/2589375/mod_resource/content/1/ecv5317_apostila_da%20%281%29.pdf)>. Acesso em: 24 out. 2018.

CableMax. **CORDOALHAS**. 2010. Disponível em: <<http://www.cabosdeacocablemax.com.br/cordoalhas.html#top>>. Acesso em: 01 out. 2018.

CARVALHO, Vagner. **PASSO A PASSO DE COMO INSTALAR HASTE DE ATERRAMENTO ELÉTRICO**. 2014. Disponível em: <<http://eletroduto.blogspot.com/2014/06/passa-passo-de-como-instalar-haste-de.html?m=1>>. Acesso em: 01 out. 2018.

Ferramentas Gerais. **Eletroduto PVC**. Disponível em: <<https://www.fg.com.br/material-eletrico/eletroduto/eletroduto-pvc?map=c,c,c>>. Acesso em: 01 out. 2018.

Metta Agrocenter. **Diferença entre fio rígido e cabo flexível**. 2016. Disponível em: <<http://www.mettaagrocenter.com.br/2016/10/21/diferenca-entre-fio-rigido-e-cabo-flexivel/>>. Acesso em: 01 out. 2018.

SANTOS, Kathleen Cintia Brugnera Moraes. **Dimensionamento do Projeto de SPDA através do método Franklin**. 2018. Disponível em: <<https://suporte.altoqi.com.br/hc/pt-br/articles/115002602253-Dimensionamento-do-projeto-de-SPDA-atrav%C3%A9s-do-m%C3%A9todo-Franklin>>. Acesso em: 20 out. 2018.