



Faculdade de Educação e Meio Ambiente

FÁBIO PRADO DE ALMEIDA

**GAIOLA DE FARADAY: UMA PROPOSTA PARA O
ENSINO DE ELETROMAGNETISMO COM ÊNFASE NAS
DESCARGAS ATMOSFÉRICAS**

ARIQUEMES - RO

2014

Fábio Prado de Almeida

**GAIOLA DE FARADAY: UMA PROPOSTA PARA O
ENSINO DE ELETROMAGNETISMO COM ÊNFASE NAS
DESCARGAS ATMOSFÉRICAS**

Monografia apresentada ao curso de Licenciatura em Física da Faculdade de Educação e Meio Ambiente – FAEMA, como requisito parcial a obtenção do título de Licenciado em Física.

Prof. Orientador: Esp. Isaías Fernandes Gomes

ARIQUEMES- RO

2014

Fábio Prado de Almeida

**GAIOLA DE FARADAY: UMA PROPOSTA PARA O
ENSINO DE ELETROMAGNETISMO COM ÊNFASE NAS
DESCARGAS ATMOSFÉRICAS**

Monografia apresentada ao curso de licenciatura em Física, da Faculdade de Educação e Meio Ambiente – FAEMA como requisito parcial à obtenção do título de Licenciado em Física.

COMISSÃO EXAMINADORA

Prof. Orientador Esp. Isaías Fernandes Gomes
Faculdade de Educação e Meio Ambiente - FAEMA

Prof^a.Ms.Filomena Maria Minetto Brondani
Faculdade de Educação e Meio Ambiente - FAEMA

Prof^a. Danielle de Matos Vitor
Faculdade de Educação e Meio Ambiente - FAEMA

Ariquemes, 09 de junho de 2014

Ao meu Deus e aos meus pais que me apoiaram e
acreditaram que seria capaz.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a todos que estiveram ao meu lado em toda esta jornada de estudo, em especial ao meu pai Adevaldo Gomes de Almeida e minha mãe Maria da Glória Prado de Almeida, que me apoiaram para que eu pude-se concluir esse curso, a minha irmã Fábricia Prado de Almeida e minha namorada Ana Paula Plácido Barce.

A Deus por ter me dado força, e capacidade para enfrentar todos obstáculos.

Ao Prof. Orientador Esp. Isaías Fernandes Gomes. Aos prof. Ms. Thiago Nunes e Gustavo Farias por me auxiliar no desenvolvimento deste trabalho.

A todos amigos que colaboraram para a realização deste trabalho.

O relâmpago antecipa-se ao raio, a graça precede a
modéstia.

(Bíblia)

RESUMO

O presente trabalho abordará os fenômenos das descargas atmosféricas. Tendo como principal objetivo desenvolver um estudo sobre as características das descargas atmosféricas e conceitos de eletricidade. Foi necessário uma revisão bibliográfica para conhecer os fenômenos que envolvem o relâmpago e o raio, com a finalidade de descrever um Sistema de Proteção contra Descargas atmosféricas (SPDA). No qual foi elaborada uma maquete com um sistema de aterramento utilizando a gaiola de Faraday. Com a finalidade de utilizar o estudo como proposta de ensino de eletromagnetismo.

Palavras-chaves: Descargas Atmosféricas, eletromagnetismo, Relâmpago, Raios.

ABSTRACT

The present work will approach the phenomenon of the atmospheric discharges. Having as main objective to develop a study on the characteristics of the atmospheric discharges and concepts of electricity. For these ends, a bibliographical revision was necessary to know all the phenomena that involve the lightning and ray, with the purpose to describe a System of Protection against atmospheric Discharges (SPDA). In which was a model prepared with a system of aterramento using the cage of Faraday. With the purpose of using the study as proposal of teaching of electromagnetism.

Key Words: Atmospheric discharges, electromagnetism, Lightning, Rays.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Fórmula força elétrica	14
Figura 2 - Linhas de campo.....	15
Figura 3 - Fórmula campo elétrico.....	15
Figura 4 - Nuvem cumulonimbus.....	17
Figura 5 - Modelo dipolar da estrutura elétrica de uma nuvem de tempestade.....	18
Figura 6 - Modelo multipolar da estrutura elétrica de uma nuvem de tempestade.	18
Figura 7 - Captor	23
Figura 8 - Haste de cobre.....	24
Figura 9 - Fio de cobre	24
Figura 10 - Terrômetro	25
Figura 11 - Gaiola de Faraday.....	26
Figura 12 - Madeira tipo MDF.....	27
Figura 13 - Recortes da janela e porta	28
Figura 14 - Recorte de 15°.....	28
Figura 15 - Recorte de 15°	29
Figura 16 - Parafusando as partes.....	29
Figura 17 - Madeira de compensado.....	30
Figura 18 - Fixando o telhado.....	30
Figura 19 - Fio de cobre	31
Figura 20 - Gaiola de Faraday.....	31
Figura 21 - Maquete pronta	32

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas

ELAT - Sistema de Proteção Contra Descargas Atmosféricas

INPE - Instituto de Pesquisas Espaciais

SPDA - Sistema de Proteção Contra Descargas Atmosféricas

μ s - Microssegundos

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	11
2 OBJETIVOS	12
2.1 OBJETIVOS GERAIS	12
2.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS	12
3 METODOLOGIA	13
4 REVISÃO DE LITERATURA	14
4.1 DEFINIÇÃO DE CARGA ELÉTRICA E CAMPO ELÉTRICO	14
4.1.1 Carga Elétrica	14
4.1.2 Campo Elétrico	15
4.2 HISTÓRICOS DE DESCARGAS ATMOSFÉRICAS NO BRASIL	16
4.3 RELÂMPAGOS, SUAS CARACTERÍSTICAS	17
4.3.1 Descarga De Retorno	19
4.3.1 Relâmpago nuvem solo	20
4.3.2 Relâmpago solo nuvem	21
4.3.3 Relâmpagos induzidos	21
4.3.4 Relâmpagos no céu	21
4.3.5 Trovão	22
4.4 SISTEMA DE PROTEÇÃO CONTRA DESCARGAS ATMOSFÉRICAS	22
4.4.1 Pára-raios de Benjamin Franklin	23
4.4.2 Pára-raios de Michael Faraday	26
4.5 PROPOSTA METODOLÓGICA: CONSTRUÇÃO DA MAQUETE DE UMA CASA PARA DEMONSTRAR O SPDA UTILIZANDO A GAIOLA DE FARADAY	27
CONSIDERAÇÕES FINAIS	33
REFERÊNCIAS	34

INTRODUÇÃO

Devido à alta capacidade destrutiva, as descargas atmosféricas vêm sendo estudado há séculos, uma vez que interferem diretamente na sociedade, como é o caso da defesa civil, telecomunicações, construção civil, indústrias, empresas privadas e outros. No Brasil, o setor elétrico é o mais afetado entre todos (PINTO JR.; PINTO, 1996; PINTO JR.;PINTO, 2000).

As perdas ocasionadas por descargas atmosféricas no Brasil chegam a US\$600mil ao ano, e, no setor elétrico e comunicações no Brasil são de aproximadamente US\$300mil ao ano. Os prejuízos referem-se a custos de substituição ou, recuperação de equipamentos eletrônicos danificados por descargas que atingem todos os anos o território brasileiro (PINTO JR, 2005).

Os efeitos causados pelas descargas atmosféricas são perigosos e destrutivos, devido às altas tensões e corrente elétrica. Os riscos provindos são desde o risco de morte a choques elétricos, queimadas, incêndios, explosões, e destruição do ambiente (LIMA, 1997).

O Sistema de Proteção contra descargas Atmosféricas (SPDA) é de grande importância para a proteção e controle de risco de danos e incêndios, sendo o para-raio um equipamento indispensável para a proteção individual e coletiva (MAURIN G, 2007).

A proposta desse trabalho tem como objetivo usar o assunto sobre relâmpagos para fazer um estudo sobre os fenômenos que envolvem o eletromagnetismo. Utilizando como metodologia a construção de uma maquete com um sistema de proteção contra descargas atmosféricas para que os alunos conheçam de forma pratica como que a física pode ser aplicada no cotidiano.

2. OBJETIVOS

2.1. GERAL

Elaborar proposta metodológica para o ensino de eletromagnetismo, com ênfase nas descargas elétricas.

2.2. ESPECIFICOS

- Relacionar conceitos básicos de eletromagnetismo com o cotidiano dos alunos;
- Elaborar um roteiro para a construção da maquete;
- Construir maquete para demonstração dos processos de eletrização e descargas elétricas;
- Demonstrar a Gaiola de Faraday, visando a explicação do funcionamento dos para-raios e processos de aterramento,

3. METODOLOGIA

A presente pesquisa trata-se de uma revisão bibliográfica, baseada em artigos de revistas eletrônicas disponível em banco de dados de institutos, universidades e faculdades. Foram utilizados como ferramentas de pesquisa o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), Grupo de Eletricidade Atmosférica (ELAT), Google acadêmico (pesquisa avançada) e livros.

Para a execução da proposta metodológica foi feito uma maquete utilizando madeiras e fios, construído com o auxílio de um marceneiro que acompanhou todo processo de construção e elaboração do projeto da maquete. O processo de construção esta descrito no item 4.5.

4. REVISÃO DE LITERATURA

4.1. DEFINIÇÃO DE CARGA ELÉTRICA E CAMPO ELÉTRICO

4.1.1. Carga Elétrica

Objetos, em geral, têm um número de carga, sendo uma propriedade própria de cada material, mas em alguns casos não é possível ser observado devido apresentarem a mesma quantidade. Quando isto acontece dizemos que o corpo está neutro, com o mesmo número de elétrons (negativo) e prótons (positivo). O termo “positivo e “negativo” foi dado por Benjamin Franklin para diferenciar as cargas. Quando um objeto está com falta de elétron, estará carregado positivamente, quando estiver com excesso de elétron, ficará carregado negativamente (HALLIDAY, 2009).

Para ser observado o processo de atração e repulsão, pode ser feito através de um bastão de vidro e uma seda, o atrito entre os dois vai gerar um acúmulo de cargas em ambos, o bastão perderá elétrons ficando carregado positivamente, e a seda carregada negativamente, gerando entre os dois uma força de atração. Conhecida como lei de Coulomb da força eletrostática entre duas cargas (ALVARENGA; MAXIMO, 2009).

Na figura 1 Pode-se ver a fórmula para calcular a força entre dois corpos:

$$F = \frac{kQ_1Q_2}{d^2}$$

Figura 1. Fórmula força elétrica

Fonte: INPE [S.A]

4.1.2. Campo Elétrico

O campo elétrico é um campo vetorial formado por vetores que ficam espalhados por toda região da carga, quanto maior o número de cargas maior será o campo elétrico. Para medir a força eletrostática exercida pelo campo elétrico, deve ser utilizada uma carga de prova. Na figura 2, podemos ver as linhas de campo geradas entre duas cargas. A fórmula para se calcular o campo elétrico pode ser visto na figura 3 (ALVARENGA; MAXIMO, 2009).

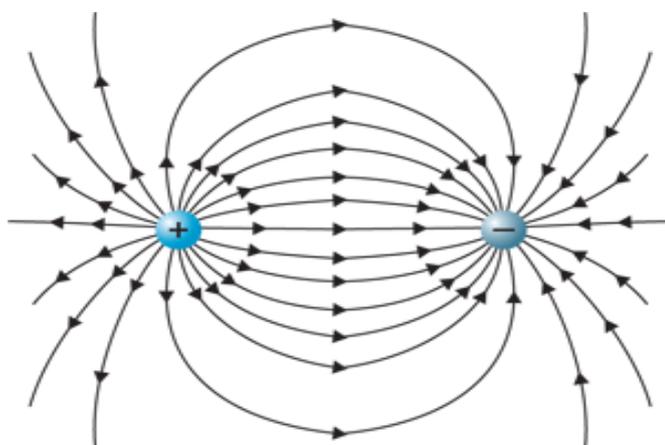


Figura 2. Linhas de campo

Fonte: Coc educação (2014)

$$\vec{E} = \frac{F}{q} \left[\frac{N}{C} \right]$$

Figura 3. Fórmula campo elétrico

Fonte: Campo potencial eletrostático (2014)

4.2. HISTÓRICOS DE DESCARGAS ATMOSFÉRICAS NO BRASIL

De acordo com o Grupo de Eletricidade Atmosférica (ELAT), responsável pelos estudos sobre raios no Brasil sendo considerado uma referência mundial nos estudos sobre eletricidade atmosférica, a ocorrência de raios no planeta Terra é mais antiga que a sua própria população. Os estudos sobre esses fenômenos no Brasil iniciaram-se a cerca de 32 anos com a criação do ELAT.

Segundo o grupo Elat [S.A], o Brasil é um dos países com maior incidência de raios. Todos os anos, cerca de 50 milhões de raios atingem o solo, sendo que a cada 50 mortes por raios no mundo uma ocorre no Brasil proveniente de descargas atmosféricas. No período de 2000-2012 somente no estado de São Paulo, 267 pessoas morreram por meio de descargas atmosféricas. Além do alto índice de mortes, os raios também causam grandes danos e prejuízos materiais. Todos os anos empresas gastam milhões de dólares, principalmente em linhas de transmissão, subestação, telefonia, telecomunicação, indústrias e propriedades privadas devido a danos por descargas elétricas.

O período com maior incidência de raios ocorre entre os meses de janeiro e março, decorrente do grande crescimento da atividade convectiva de massas de ar no continente, proveniente da instabilidade atmosférica e a presença de bandas de nebulosidade que se formam no interior do continente e também em regiões costeiras na costa norte-nordeste brasileira (GUEDES; MACHADO, 1997).

O quadro 1 apresenta o índice de mortes causado por raios, segundo dados obtidos pelo Elat:

POR GÊNERO		POR FAIXA ETÁRIA		POR ESTAÇÕES DO ANO	
Mulheres	18%	0-19 anos	27%	Verão	45%
		20-39 anos	43%	Primavera	32%
Homens	82 %	40-59 anos	23%	Outono	14%
		60 anos ou +	7%	Inverno	9%

Quadro 1. Distribuição dos índices de mortes causadas dos raios segundo gênero, faixa etária e estação do ano.

Fonte: Infográfico mortes por raios

4.3. RELÂMPAGOS, SUAS CARACTERÍSTICAS

Os relâmpagos são descargas atmosféricas, com altas correntes elétricas capazes de percorrer quilômetros. O processo de descarga de um relâmpago inicia quando o campo elétrico ocasionado pela separação das cargas dentro das nuvens atinge uma intensidade que seja capaz de romper a rigidez do ar (VOLLAND, 1995).

Existem muitos tipos de relâmpagos, como os nuvem solo, solo nuvem, descargas que ocorrem dentro das nuvens e da nuvem para um ponto qualquer do ar. O mais comum é os relâmpagos que ocorrem dentro das nuvens, representando 80 % de todos relâmpagos. As descargas que envolvem o solo são conhecidas como raios, nome adotado para referenciar que a descarga tocou ou partiu do solo (PINTO JR; PINTO, 2000).

A formação dos relâmpagos, esta diretamente associada a nuvens do tipo cumulonimbus. As nuvens cumulonimbus são conhecidas como nuvens de tempestade, se formam a partir de pequenas nuvens brancas a uma altura aproximada de 1 km do solo (UMAN, 1987).

As nuvens do tipo cumulonimbus caracterizam-se devido o seu grande tamanho podendo atingir uma altura de até 15 km, e diâmetro de 10 a 20 km. Sua característica, que a diferencia dos outros tipos de nuvens além da sua grande extensão é pela presença de partículas de gelo ocasionado pelas elevadas altitudes e também pelas fortes correntes de ar (RAKOV; UMAN, 2003). A figura 4 apresenta uma nuvem cumulonimbus.



Figura 4. Nuvem cumulonimbus.

Fonte: Geofísica nuvem

A nuvem cumulonimbus é formada por dois ou mais centros principais de cargas, tipicamente um se localiza na parte superior da nuvem (positiva), e outra na parte inferior (negativa), (PINTO JR; PINTO, 1996). Na figura 5, pode ser visto o modelo dipolar com dois centros de cargas, um na parte superior (positiva), e outro na parte inferior (negativa). A figura 6 apresenta o modelo multipolar, quando existem dois ou mais centros principais de Cargas.

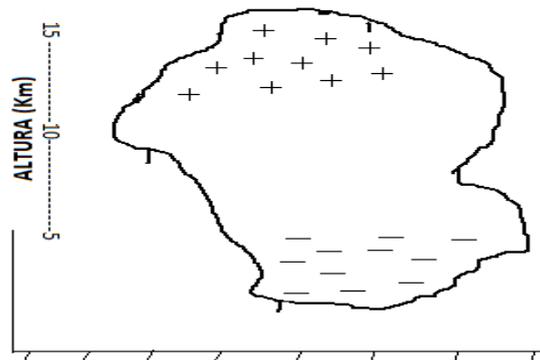


Figura 5. Modelo dipolar da estrutura elétrica de uma nuvem de tempestade.

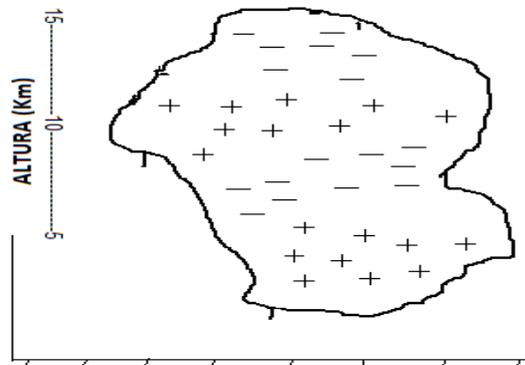


Figura 6 - Modelo multipolar da estrutura elétrica de uma nuvem de tempestade.

De acordo com Pinto Jr. e Pinto (2000), o processo e carregamento das nuvens até hoje não é muito conhecido, a teoria mais aceita é que as nuvens adquirem cargas a partir de pequenas partículas de gelo que se colidem e o atrito entre elas gera um grande acúmulo de cargas. As partículas menores tendem a ficar carregadas positivamente e as maiores ficam com carga negativa, as cargas positivas e negativas tendem a se separar devido à ação do vento e da gravidade, ficando com maior acúmulo de cargas nas duas extremidades das nuvens, as

positivas ficam na parte superior e as negativas na parte inferior da nuvem sendo que elas podem se inverter, devido à força gravitacional e devido os efeitos de correntes de ar ascendentes e descendentes.

4.3.1. DESCARGA DE RETORNO

Quando a intensidade da carga se torna capaz de quebrar a rigidez do ar, se da origem a descarga piloto que será a responsável por conduzir as cargas elétricas da nuvem a terra com uma velocidade de até 1500 km/s. Após essa descarga o canal de ar entre a nuvem e a terra ficara ionizado, ou seja, seria como se interligássemos a nuvem a terra utilizando um “condutor”, a nuvem estará em curto com a terra devido à baixíssima resistência elétrica criada pelo canal ionizado, a partir desse momento ocorrerá a descarga de retorno da terra para a nuvem com uma intensidade muito grande que pode variar de 2000 a 200.000A e sua velocidade pode alcançar valores muito altos da ordem de 30.000 Km/s, depois da primeira descarga de retorno ainda será possível ocorrer uma segunda ou mais descargas de curta duração e de menor intensidade podendo variar de 100 a 1000A (PINTO JR; PINTO, 2000).

De acordo com o grupo de pesquisa Inpe [S.A], quando um líder conectante (canal principal de descarga), encontra o líder escanulado (Líder que vai de encontro para iniciar descarga), toda carga contida na nuvem começa a fluir através do líder escanulado em direção a terra pelo canal ionizado com uma velocidade de até 40.000 Km/s. A duração da descarga de retorno dura em média 100 microssegundos. Em um relâmpago pode haver várias descargas de retorno, quando acontece apenas uma é chamada de descarga simples, quando acontecer duas ou mais é chamada de descargas múltiplas. As descargas de retorno que ocorrem depois da primeira, ocorrem com menos intensidade sua corrente pode chegar a 10.000A, atingindo seu pico em $1\mu\text{s}$ e durando em média $50\mu\text{s}$, dados apontam que já foram detectadas até 26 descargas de retorno em apenas um relâmpago do tipo negativo. Os relâmpagos de polaridade positiva têm o mesmo princípio que o negativo, mas na maioria das vezes apresentam apenas uma descarga de retorno.

Após a primeira descarga uma corrente continua pode se iniciar, quando um pequeno número de cargas negativas isoladas, localizadas no centro principal se

conectam ao solo, dando início a um outro processo, em que as cargas do solo irão em direção a nuvem, com uma intensidade na ordem de 100A (MIRANDA, 2000).

Para se realizar um estudo mais profundo sobre a descarga de retorno, a forma mais correta é através do comprimento de onda da corrente. Através de torres elevadas de preferências em regiões, que tenha maior índice de descargas, utilizando meios que atraem os raios ao ponto necessário, como foguetes ligados a fios, para que a descarga se descarregue no ponto desejado (MIRANDA, 2000).

4.3.1. Relâmpago nuvem solo

De acordo com Fernandes (1998) o relâmpago do tipo nuvem solo é mais estudado por ser mais acessível à observação visual, e devido sua característica destrutiva.

Segundo Gin (1997) os relâmpagos são classificados segundo a polaridade das descargas. Elas podem ter cargas com polaridades positivas, negativas ou podem apresentar duas cargas, ou também podem ser multipolar. Os relâmpagos do tipo positivo na maioria das vezes podem desenvolver apenas uma descarga. Segundo Fernandes (1998) esse tipo de relâmpago tem despertado uma curiosidade especial nos pesquisadores pelo fato de se acreditar que os relâmpagos do tipo positivo serem mais destrutivos (SABA, 1997).

Os relâmpagos positivos são responsáveis por cerca de até 30% dos relâmpagos, sendo muito interessante o seu estudo, pois até hoje os maiores pico de corrente foi detectado em relâmpagos desse tipo chegando a 300.000A, levando em conta que a transferência de carga é bem maior que as descargas negativas (BRUCE; GOLDE, 1941).

Segundo Pinto Jr e Pinto (1996) os relâmpagos positivos ocorrem com mais frequência no término das nuvens de tempestade, quando as cargas positivas ficam menos blindadas pelas cargas negativas causando o deslocamento das cargas positivas devido a ação do vento e com isso diminui a blindagem eletrostática exercida pelo centro principal de cargas negativas, favorecendo a ocorrência de relâmpagos positivos.

4.3.2. Relâmpago solo nuvem

De acordo com Uman (1987) o relâmpago solo nuvem inicia-se a partir do líder escalonado quando o Campo elétrico dentro da nuvem se torna tão intenso que em frações de segundos acaba dando início quando se aproxima de algum ponto ideal, para iniciar o processo de descarga, diferentemente do tipo nuvem solo ele não apresenta a primeira descarga de retorno, pois quando o líder ascendente atinge a nuvem, é observado uma sequência de descargas contínuas com líderes descendentes, dando origem a descargas de retorno consequentemente ascendente.

Apresentam ambas as polaridades, mas cerca de 80% é do tipo negativo, em sua maioria não apresentam descargas de retorno, tem uma corrente contínua de longa duração e de baixa intensidade, apresentando líderes contínuos e em alguns casos específicos seguidos de descargas de retorno (PINTO JR; PINTO, 2000).

Sua principal característica é que seu líder conectante terá início a partir de topo de árvores, montanhas, prédios, torres e outros pontos altos. Quando são positivos, na maioria das vezes não terá ramificações, mas quando apresentar, suas ramificações serão para cima devido o líder ser ascendente (UMAN, 1987).

4.3.3 Relâmpagos induzidos

Os relâmpagos do tipo induzidos geralmente começam a partir da intervenção humana. Pode ser provocado um relâmpago dessa categoria utilizando um condutor aterrado, lançando o mesmo próximo da nuvem, que estará carregada provocando a descarga. Introduzindo o condutor aterrado de preferência no centro do campo elétrico onde se concentra o maior nível de carga, e consequentemente tem-se a vantagem de saber onde o raio irá cair (PINTO JR; PINTO, 2000).

4.3.4. Relâmpagos no céu

Até agora foi estudado três tipos de relâmpagos, sendo entre nuvem e solo, solo nuvem, relâmpagos induzidos e agora veremos o relâmpago que pode acontecer entre nuvens é o caso mais comum que mais é observado ocorre entre nuvens e pontos de cargas no ar que ficam invisíveis e carregados podendo dar

início a uma descarga atmosférica. Na maioria das vezes o relâmpago que acontece dentro da nuvem tem seu início a partir de uma carga positiva sua propagação pode ser tanto na vertical como na horizontal, responsável por 80 % de todas as descargas globais, mas o seu canal não pode ser observado pelo fato de acontecer dentro da nuvem. Já nas descargas entre nuvens o canal da descarga pode ser observado. Da nuvem para o ar também podemos observar o canal de descarga sendo direcionado a um ponto que esteja carregado com bolsões de cargas invisíveis. A duração das descargas de relâmpagos no céu tem uma duração de aproximadamente 500 μ s, e sua corrente pode atingir até 1000 A (FERNANDES, 1998).

4.3.5. Trovão

Uma das principais características de um trovão é o barulho, dependendo da intensidade do relâmpago pode chegar a 120 decibéis, podendo causar dependendo da proximidade danos ao aparelho auditivo humano. O processo de como se forma o trovão consiste a partir da rápida propagação do relâmpago e devido a sua alta temperatura o mesmo acaba ocasionando a rápida expansão do ar causando um grande barulho, sendo que o tempo de propagação das ondas sonoras vai depender da intensidade da descarga elétrica e de sua temperatura sendo que na maioria das vezes esse fenômeno é ocasionado quando a descarga de retorno acontece, devido a mesma ser de maior intensidade (SILVA, 2007).

4.4. SISTEMA DE PROTEÇÃO CONTRA DESCARGAS ATMOSFÉRICAS (SPDA)

Um sistema de proteção contra descargas atmosféricas (SPDA) não pode garantir 100% de proteção de uma área, mas se a instalação estiver seguido a norma que regulamenta a instalação NBR-5.419 a proteção pode chegar a 92%. A função da norma NBR-5.419 (Proteção de estruturas contra descargas atmosféricas), é regulamentar e fiscalizar a instalação de pára-raios exigindo as condições para a correta construção do projeto e execução. É sempre importante lembrar que a principal função do para-raio não é evitar a queima de aparelhos eletrônicos, mas sim a proteção das pessoas no ambiente protegido O sistema de

proteção contra descargas atmosféricas (SPDA), tem a função de conduzir toda a descarga recebida em seus captadores até a terra, mas para isso acontecer vai depender do perfeito funcionamento do SPDA (MAURIN, 2007).

4.4.1. Pára-raios de Benjamin Franklin

A filosofia de Benjamin Franklin consiste no uso de captadores que são colocados na parte mais alta do local a ser protegido com a finalidade de interceptar a descarga descendente por meio de outra descarga ascendente do captor, utilizando fios para interliga o captor as hastes de cobre, que irão ser colocadas ao solo, para que a descarga recebida seja conduzida a terra e não atinja as estruturas do local protegido (VISACRO, 2005.).

Na figura 7 podemos ver o captor que tem a função de atrair em suas pontas as descargas elétricas.



Figura 7 – Captor

Na figura 8 pode ser visto a haste de cobre que são colocadas ao solo para se conseguir o aterramento necessário para se desviar a descarga elétrica ao solo, quanto maior o número de haste menor será a resistência imposta a passagem da corrente segundo as técnicas da NBR-5.419

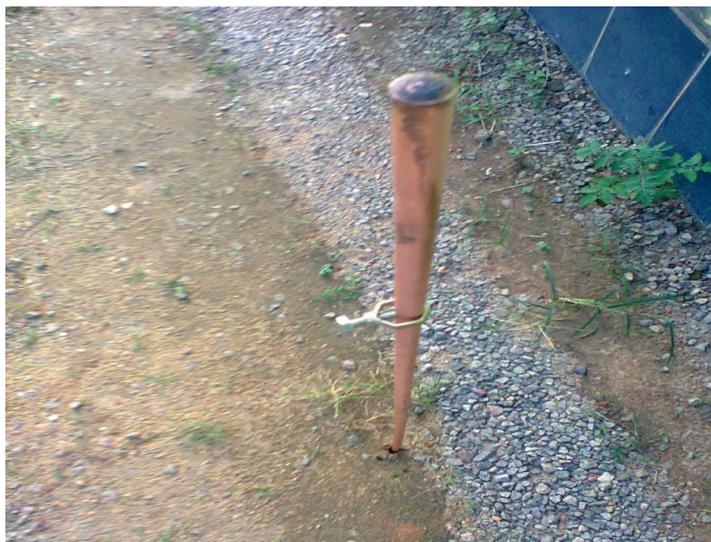


Figura 8 - Haste de cobre

Fio de cobre utilizado para interligar as hastes colocadas ao solo.



Figura 9 - Fio de cobre

Aparelho utilizado para medir a resistência do SPDA.



Figura 10 - Terrômetro

4.4.2. Pára-raios de Michael Faraday

O pára-raios de Michael Faraday consiste na utilização de cabos condutores que envolva todo perímetro a ser protegido, para que seja criada uma barreira de blindagem de campos eletromagnéticos, conhecido como gaiola de Faraday. A corrente elétrica irá percorrer os fios condutores da gaiola que deverão ser instalados na parte superior do local, protegendo o que está no seu interior. O processo de aterramento das hastes de cobre segue o mesmo princípio proposto por Benjamin Franklin. Na imagem 11 podemos ver o condutor percorrendo as edificações do local (VISACRO, 2005.).



Figura 11 - Gaiola de Faraday

Fonte: Obra técnica

4.5. PROPOSTA METODOLÓGICA: CONSTRUÇÃO DA MAQUETE DE UMA CASA PARA DEMONSTRAR O SPDA UTILIZANDO A GAIOLA DE FARADAY

A maquete da casa foi construída com a utilização de madeiras tipo MDF, de 1,5 cm de espessura, foram cortadas 5 peças com medidas diferentes, sendo 2 de 25cm por 17 cm, 2 de 35cm por 20 cm, e uma de 31cm por 20 cm, e duas partes de madeira de compensado de medidas 40 cm por 16cm por 2 mm de espessura. Foram também utilizados 2 metros de fio 0.60 mm para simular os fios condutores, para demonstrar a gaiola de Faraday, e 60 cm de fio sólido de 1mm, para fazer as hastes isoladoras.

1º Passo. Figura 12 - Cortar as cinco partes nas medidas

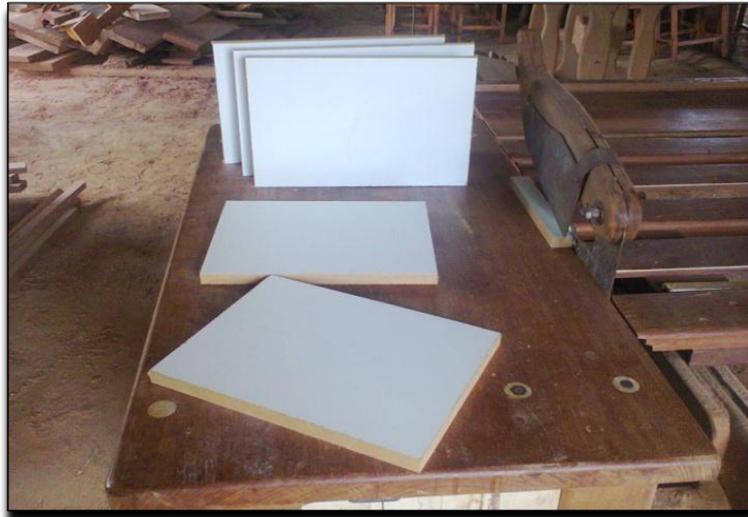


Figura 12 - Madeira tipo MDF

2º Passo. Figura 13 - Cortar a janela, na madeira de 25cm por 17 cm, e a porta na madeira de 35cm por 20 cm.



Figura 13 - Recortes da janela e porta

3º Passo. Figura 14 e Figura 15. Utilizando as duas partes da madeira de medidas 25cm por 17 cm, recorte as duas extremidades com ângulo de 15°.



Figura 14 - Recorte de 15°.



Figura 15 - Recorte de 15°

4º Passo. Figura 16 - Fixando as cinco partes da casa.



Figura 16 - Parafusando as partes

5º Passo. Figura 17 - Utilizar a madeira de compensado de 40 cm por 16 cm para fazer o telhado.



Figura 17 - Madeira de compensado

6º Passo. Figura 18 - Fixando a madeira tipo compensado:



Figura 18 - Fixando o telhado.

Na figura 19, podemos ver a haste feita de fio 1mm, e o fio 0.60mm para fazer os condutores que funcionarão como a gaiola de Faraday.



Figura 19 - Fio de cobre

7º Passo. Figura 20 - Montando o SPDA

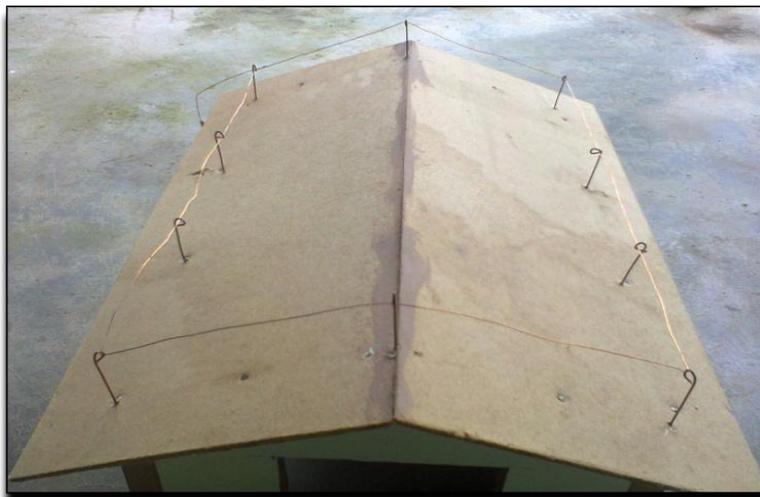


Figura 20 - Gaiola de Faraday.

A figura 21 apresenta a maquete com SPDA do tipo gaiola de Faraday. O fio condutor que percorreu a parte superior da maquete deveria ser conectado nas hastes que foram colocadas ao solo, para que a corrente elétrica recebida seja dissipada na terra.



Figura 21 - Maquete

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O processo de aprendizagem do ensino de física necessita de professores que tenha um domínio do conteúdo e que saiba transmiti-lo de forma clara e objetiva, usando ferramentas que possam despertar no aluno a curiosidade de buscar novos conhecimentos.

Utilizando a gaiola de Faraday como forma de aprendizagem abordando os fenômenos de eletromagnetismo e processos de aterramento, para demonstrar como a física pode ser aplicada no cotidiano, para explicar fenômenos físicos.

REFERÊNCIAS

ALVARENGA, B; MAXIMO, A. **Física**: Ensino Médio. 1 Ed. São Paulo. Cap 18, p. 12-52, 2009. V 3.

BRUCE, C. E. R.; GOLDE, R. H., A descarga atmosférica. **Jornal da Institution of Electrical Engineers**. v 88, n. 487, 1941.

FERNANDES, J.C.; CARMO R.B.; LIMA, S.T.: “**Estudos da ocorrência de relâmpagos sobre as regiões Sul e Sudeste do Brasil**”. São José dos Campos, SP, 1998. Disponível em: [http://<mtcm16.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/jeferson/2003/11.../publicacao.pdf>](http://mtcm16.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/jeferson/2003/11.../publicacao.pdf) Acesso em: 02 maio 2014.

FORMULA Campo Elétrico. **Relatório Campo Potencial Eletrostático**. Disponível em: <http://www.ebah.com.br/content/ABAAAA6IkAA/relatorio-campo-potencial-eletrostatico>> Acesso em: 28 maio 2014.

FORMULA Força Elétrica. **Instituto nacional de Pesquisas Espaciais (INPE)**. Disponível em: http://www.cba.inpe.br/paginas_pessoais/sergio/coulomb.htmlAcesso em 28 maio 2014.

GAIOLA de Faraday. **Obra técnica**. Disponível em: http://obratecnica.blogspot.com.br/2009_12_01_archive.html> Acesso dia 26 maio 2014.

GIN, R.B.B.: “**Estudo das Características dos Relâmpagos Nuvem-Solo em Minas Gerais no Verão de 1993**”. INPE, São José dos Campos, SP, 1997. Disponível em: <http://mtcm05.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/jeferson/2003/07.01.14.38/doc/publicacao.pdf>> Acesso em: 04 maio 2014.

GUEDES, R.L.; MACHADO, L.A.T. Características médias da cobertura de nuvens sobre a América do Sul com base em imagens do GOES-E/ISCCP. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.12, n.1, p.1-19, 1997.

HALLIDAY, D, RESNICK, J. **Fundamentos de Física**: Eletromagnetismo/Halliday. 8. Ed. Rio de Janeiro: LTC, 2009. Cap21, p. 2-22, 2009. V. 3.

INFOGRÁFICOS **Mortes Por Raios.** Disponível em:
 <<http://www.inpe.br/webelat/homepage/menu/infor/infografico..mortes.por.raios.php>>
 Acesso em: 28 maio 2014.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS – INPE, *ELAT* –**Grupo de Eletricidade Atmosférica.** Disponível em:
 <<http://www.inpe.br/webelat/homepage/menu/infor/infografico.mortes.por.raios.php>>
 Acesso em: 28 abril 2014

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS – INPE, *ELAT* –**Grupo de Eletricidade Atmosférica.** Disponível em: <<http://www.inpe.br/webelat/homepage/>>
 Acesso em 19 abril 2014.

LINHAS de campo. **Coc Educação.** Disponível em:
 <<http://interna.coceducacao.com.br/ebook/pages/4445.htm>> acesso em: 27 maio 2014.

MAURIN, Glauber. **Teoria sobre SPDA.** Ribeirão Preto, SP: ELETROLATA, 2007. 9 p. Disponível em: <<http://www.eletoalta.com.br/biblioteca/SPDA%20Teoria.pdf>>
 Acesso em: 20 abril 2014.

MIRANDA, F. J. **Estudo da Forma de Onda de Campo Elétrico de Relâmpagos.** 144f. Dissertação (mestrado em Geofísica Espacial) - Ministério da Ciência e Tecnologia Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos. 2000. Disponível em:
 <<http://mtcm05.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/deise/2001/07.../Dissertacao.pdf>> Acesso em: 07 maio 2014.

NUVEM Cumulonimbus. **Geofísica.** Disponível em:
 <<http://geofisica.fc.ul.pt/informacoes/curiosidades/nuvens.htm>> Acesso 25 maio 2014.

PINTO JR, O.; Pinto, I. R. C. A. **Tempestades e Relâmpagos no Brasil.** São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2000. <<http://da2000.dmz.inpe.br/elat/rindat/descargas.htm>> Acesso em: 02 maio 2014

PINTO JR. O.; Pinto, I. R. C. A. **Relâmpagos.** São Paulo: Brasiliense, 1996. 112p. Disponível em: <<http://www.cea.inpe.br/webdige/elat>> Acesso em: 02 maio 2014.

RAKOV, V. A.; UMAN, M. A. Lightning: physics and effects. Cambridge: **Cambridge University**, 687 p. ISBN 0-521-58327-6. 2003.

SABA, M. M. F. **Estudo de condutividade, campo elétrico e relâmpagos associados a nuvens de tempestade**. Tese de doutorado. São José dos Campos: INPE, 1997. Disponível em: <<http://urlib.net/rep/6qtX3pFwXQZ3r59YCT/GUobF?languagebutton=pt-BR>> Acesso em: 04 maio 2014.

SILVA, S.E. A Física dos Relâmpagos e dos Raios. **Universidade Católica de Brasília. Brasília.** 2007. Disponível em <<http://www.ucb.br/sites/100/.../AFISICADOSRELAMPAGOSEDOSRAIOS.pdf>> Acesso em: 18 maio 2014.

UMAN, M.A. **The lightning discharge**. Florida: Academic, 1987. 377p.
Volland, H. Handbook of atmospheric **eletrodynamics**. London: CRC press, 1995. 528p.

VISACRO, S. F. **Descargas Atmosféricas: Uma Abordagem de Engenharia**. São Paulo, SP: Editora Artliber, 2005. 272 p.