

# IV SEMINÁRIO DE EXTENSÃO E PESQUISA

05 A 07 DE NOVEMBRO DE 2018



## ANÁLISE DO SISTEMA DE ATERRAMENTO DO PRÉDIO DO CES CAMPUS ACADEMIA

Jéssica de Lourdes Almeida Magalhães<sup>1</sup>  
Mateus de Oliveira Rabello<sup>2</sup>  
Nathalia Netto de Souza<sup>3</sup>  
Paulo Victor Lopes Pires<sup>4</sup>  
Pedro Augusto Rezende Mendes<sup>5</sup>  
Wilson Willian de Oliveira Junior<sup>6</sup>  
Luiz Paulo Magri<sup>7</sup>  
Marco Aurelio Piccinini<sup>8</sup>

### RESUMO

A instituição Centro de Ensino Superior de Juiz de Fora - Campus Academia (CES/JF), localizado nas seguintes coordenadas: latitude 21o45'47"Sul, longitude 43o21'10"Oeste e altitude 719 metros, localização que apresenta densidade de descargas atmosférica considerável, portanto, o objetivo deste artigo, é descrever os equipamentos (para-raios, captos aéreos e cabos) do Sistema de Proteção contra Descargas Atmosféricas (SPDA) que a instituição utiliza, se eles apresentam condições de segurança e instalações em conformidade com a norma 5419. Além disso, também verificar como está o sistema de aterramento (hastes ou eletrodos aterradas ao solo) e se estão em conformidade com a norma NBR 5410, e fazer a medição da resistência de aterramento (ou resistência de terra) com auxílio de um equipamento de medição, terrômetro. Após as verificações e medições, discutir os resultados e

<sup>1</sup> Graduanda em Engenharia Elétrica, voluntária, e-mail: jessica.magalhaes@hotmail.com

<sup>2</sup> Graduando em Engenharia Elétrica, voluntário, e-mail: mateusrabello5@gmail.com

<sup>3</sup> Graduanda em Engenharia Elétrica, voluntária, e-mail: nathaliansouza@hotmail.com

<sup>4</sup> Graduando de Engenharia Elétrica, bolsista, e-mail: paulovpires@hotmail.com

<sup>5</sup> Graduando de Engenharia Elétrica, voluntário, e-mail: pedrogutorezende@hotmail.com

<sup>6</sup> Graduando de Engenharia Elétrica, voluntário, e-mail: wilson.oliveira375@hotmail.com

<sup>7</sup> Mestrado Profissional, Professor do CES-JF, e-mail: itasung@gmail.com

<sup>8</sup> Mestrado em Gestão de Sistemas de Engenharia, Professor do CES-JF, e-mail: marcopiccinini@cesjf.br

## IV SEMINÁRIO DE EXTENSÃO E PESQUISA

05 A 07 DE NOVEMBRO DE 2018



buscar melhorias e enviar o relatório final para a instituição a fim de fazer o acompanhamento periódico dos sistemas.

Palavras-chave: SPDA, sistema de aterramento elétrico, descargas atmosféricas.

### 1 INTRODUÇÃO

De acordo com os dados do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), a cidade Juiz de Fora ocupou a posição de 5o lugar no Brasil e 1o lugar de Minas Gerais em incidências de raios em 2015, com uma densidade de descargas atmosféricas de 16,9 descargas/km<sup>2</sup> / ano. Atualmente ocupa a posição de 874o lugar no ranking densidade nacional e 16o lugar no ranking de densidade estadual, com uma densidade de descargas de 7,6 descargas/km<sup>2</sup> / ano. Como pode-se observar, é necessário proteger-se dessas descargas atmosféricas, não só em questão de segurança pessoal, como também a patrimonial.

O Centro de Ensino Superior de Juiz de Fora - campus Academia (CES/JF - Academia), objeto de pesquisa, está localizado nas seguintes coordenadas: latitude 21o 45' 47"Sul, longitude 43o 21' 10"Oeste e altitude 719 metros. De acordo com a norma NBR 5419/2015, há quatro níveis de proteção, o CES/JF - Academia enquadra-se no nível de proteção II, pois é uma instituição de ensino, onde há grande aglomeração de público, podendo ocasionar pânico no caso de falha em virtude de uma descarga elétrica, bem como outros danos ao patrimônio.

Ainda dentro da questão patrimonial, a Academia de Comércio de Juiz de Fora foi tombada pelo patrimônio histórico municipal, pois foi construída em

## IV SEMINÁRIO DE EXTENSÃO E PESQUISA

05 A 07 DE NOVEMBRO DE 2018



1891 e possui relevância histórica, além disso, nem todas as unidades da Academia estão protegidas contra descargas atmosféricas. O sistema de proteção e aterramento do prédio do CES/JF - Academia têm 20 anos de implantação, porém, não foi possível encontrar nenhuma documentação referente a instalação ou alguma manutenção ao longo desse tempo.

Objetivo deste artigo é avaliar o sistema de proteção contra descargas atmosféricas que o Centro de Ensino Superior de Juiz de Fora - Campus Academia (CES/JF) utiliza e em que condições está o sistema de aterramento elétrico, bem como a resistência de aterramento e o estado geral do sistema (cabos, conectores, pára-raios e captores). Após as avaliações e medições, ver-se-á, se está em conformidade com as normas NBR 54191 e NBR 5410 2, além de sugerir melhorias.

### 2 REFERENCIAL TEÓRICO

Benjamin Franklin foi um dos pioneiros na descoberta de que as descargas atmosféricas eram constituídas de cargas elétricas, através da famosa experiência da pipa, que consistia durante uma tempestade “fazer uma pipa especial voar, com uma linha e uma chave de metal ao final da linha”, com a intenção de escoar para a terra a energia proveniente da descarga.

As nuvens são formadas quando o vapor de água é suspenso e se depara com temperaturas baixas na atmosfera ocorrendo a condensação. Na maior parte dos casos as nuvens de tempestade são do tipo cúmulo-nimbus que são caracterizadas por grandes tamanhos e fortes correntes verticais. Elas são compostas na seção superior por minúsculas partículas de gelo e na seção

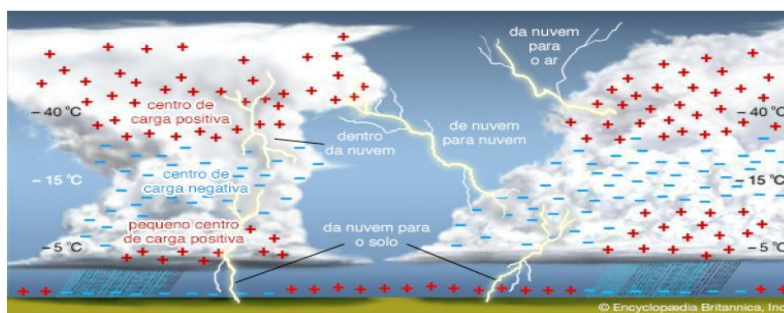
[C1] Comentário: É uma citação? Se sim, indicar a referência.

[PP2] Comentário: Não é citação.

inferior por gotículas de água. Quando as partículas de gelo chocam entre si, formam cargas elétricas positivas e negativas, estabelecendo um dipolo. Com a concentração de cargas o campo elétrico cresce e produz uma descarga elétrica quando a capacidade isolante do ar é atingida. Após o rompimento da rigidez dielétrica, começa um rápido fluxo de elétrons formando as descargas atmosféricas (RIBEIRO, 2012).

Os relâmpagos podem acontecer da nuvem para o solo, do solo para nuvem, dentro da nuvem, da nuvem em direção a um local da atmosfera, entre nuvens e descargas isoladas na atmosfera. Os mais comuns são os intra-nuvens por causa do efeito da rigidez dielétrica reduzir em relação a altura, esse efeito ocorre devido diminuição da densidade do ar. Apesar de serem mais frequentes são de intensidade baixa. Entre as outras variedades de relâmpagos os mais comuns são o nuvem-solo. Existem dois tipo de nuvem-solo, eles são caracterizados pelo sinal da carga efetiva transportada da nuvem para o solo (PINTO JR, 2005).

Figura 1: Tipos de descargas atmosféricas



© Encyclopædia Britannica, Inc.

Fonte: Enciclopédia Britânica, Inc.

Existe uma diferença entre relâmpago, raio e trovão. As descargas atmosféricas são conhecidas como relâmpagos, sendo que existem vários tipos de relâmpagos e o mais conhecido é denominado raio. Os raios podem ser classificados como nuvem-solo positivo e nuvem-solo negativo. Pela conservação de energia o efeito causado pela energia potencial do raio é convertido em energia luminosa, clarão causado pela descarga, e energia sonora, causado pelo deslocamento do ar que é chamado de trovão.

Embora a potência de um raio seja grande, sua pequena duração faz com que a energia seja pequena, algo em torno de 300 kWh, equivalente ao consumo mensal de energia de uma casa pequena.

### 2.1 SISTEMA DE PROTEÇÃO CONTRA DESCARGAS ATMOSFÉRICAS

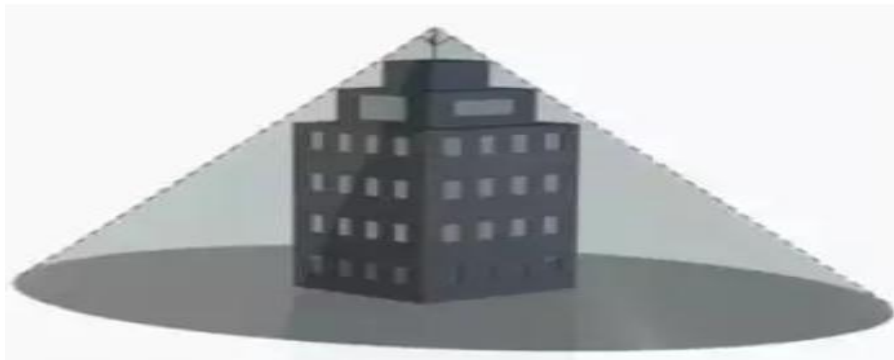
Os relâmpagos são fenômenos naturais e não é possível diminuir ou eliminar a incidência sobre um local. Torna-se necessário, em virtude dos efeitos destrutivos, um sistema de proteção contra descargas atmosféricas, diminuindo os danos às edificações e principalmente proporcionando segurança aos seres humanos (RIBEIRO, 2012).

O sistema utiliza de equipamentos que visam proteger as estruturas de forma que a corrente elétrica causada pela descarga atmosférica seja conduzida até a terra oferecendo um caminho de baixa impedância e reduzindo ao mínimo os danos causados.

O CES/JF – Academia utiliza o para-raio do tipo Franklin com captadores aéreos, que é a instalação de captadores sobre as estruturas que se deseja proteger com a finalidade de evitar a incidência direta de descargas

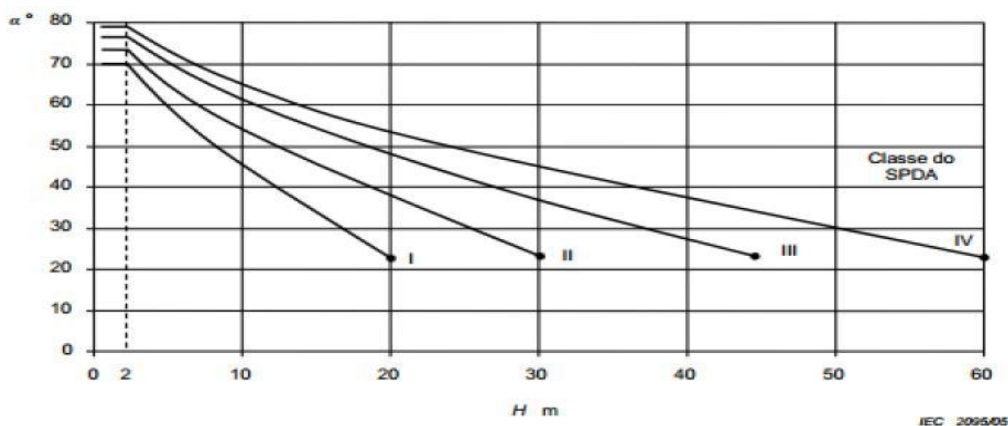
atmosféricas nas mesmas (SOUZA, 2017). De acordo com Mamede (2007) a instalação desse sistema garante a plena proteção contra a incidência direta de descargas atmosféricas em uma região do espaço limitado por um cone, como mostrado na figura abaixo.

Figura 2: Zona de proteção pelo método de Franklin.



Fonte: SABER ELÉTRICA, 2017

Figura 3: Gráfico: ângulo vs altura.



Fonte: Norma NBR 5419:2015

Figura 4: Tabela: ângulos vs alturas.

Nível de proteção	I	II	III	IV
0 a 20m	25°	35°	45°	55°
21 a 30m	-	25°	35°	45°
31 a 45m	-	-	25°	35°
46 a 60m	-	-	-	25°

Fonte: Norma NBR 5419:2005

O Sistema de Proteção contra Descargas Atmosféricas (SPDA) pode ser dividido em três subsistemas interligados:

Subsistema captor;

Subsistema de descida;

Subsistema de aterramento.

## 2.1.1 Subsistema captor

Os captores têm a função de interceptar as descargas atmosféricas para que seja reduzido ao mínimo o risco da estrutura ser atingida, uma vez que eles estão localizados na parte mais alta da estrutura de um edifício, e são responsáveis pela condução dessas descargas elétricas através dos cabos de descida, ou seja, ao subsistema de descida. De acordo com o método de proteção adotado os captores podem ser hastes, condutores horizontais que formam malhas ou anéis em todo perímetro da construção, ou captores

naturais, tais como postes, tanques metálicos e tubos, mastros, calhas, entre outros componentes salientes na cobertura.

Os elementos condutores expostos devem ser analisados para certificar se as suas características são compatíveis com os critérios estabelecidos para elementos captadores. Elementos condutores expostos que não possam suportar o impacto direto do raio devem ser colocados dentro da zona de proteção de captadores específicos, integrados ao SPDA (NBR 5419, 2005).

Para um melhor dimensionamento de um captador deve-se considerar que ele sofrerá esforços no ponto de impacto, assim como suportar esforços eletromecânicos provenientes das descargas atmosféricas, por este motivo, geralmente os captadores são feitos de aço galvanizado.

Figura 5: Pára-raio tipo Franklin instalado no CES Academia



Fonte: Elaborado pelo autor



### 2.1.2 Subsistema de descida

O subsistema de descida é composto por mastro e espaçadores, cabo de descida e tubos de proteção. Os mastro e espaçadores são elemento de fixação para o captor e os cabos, já o cabo de descida consiste em um mecanismo de condução que vai do captor até o aterramento e o tudo de proteção funciona como equipamento de segurança para a chegada do cabo de descida ao solo.

Figura 6: Subsistema de descida instalado no CES Academia



Fonte: Elaborado pelo autor

### 2.1.3 Subsistema aterramento

O subsistema de aterramento é constituída de uma ou várias hastes, geralmente feitas de cobre nu, fixadas ao solo, cuja função, é escoar a corrente

## IV SEMINÁRIO DE EXTENSÃO E PESQUISA

05 A 07 DE NOVEMBRO DE 2018



elétrica proveniente da descarga atmosférica para o solo. As hastes ou os eletrodos de aterramentos estão interligados aos cabos de descida (subsistema de descida).

As formas geométricas/distribuição (linear, triangular ou quadrada) e as fixações das hastes ao solo, ou seja, fixadas verticalmente ou horizontalmente, dependerá do tipo de solo, pois este possui impedância à passagem de corrente elétrica, portanto, busca-se a mínima impedância. Para frequência mínimas, da ordem de 50 a 60 Hz (nosso objeto de estudo), pode-se dizer resistência de terra ou resistência de aterramento ao invés de impedância.

As resistências de aterramento variam com o tipo de solo, com a idade/formação geológica do solo, quantidade de matérias orgânicas, compactação dos solos, tratamento químico, dentre outros fatores.

As normas NBR 5410:2004 e NBR 15749:2009 orientam-nos sobre as medições das resistências de aterramento e das manutenções/instalações dos eletrodos de aterramento e se a instalação está segura, não ofereça riscos/danos ao patrimônio e as pessoas.

Figura 7: Subsistema de aterramento instalado no CES Academia



Fonte: Elaborado pelo autor

### 3 METODOLOGIA

De posse das plantas arquitetônicas do CES/JF - Academia primeiro andar (térreo) e último andar (laje), percebeu-se que não tinham as cotas e as localizações dos captores, cabos de descidas e eletrodos de aterramento, tornando-se necessária a realização de medições dos comprimentos e larguras do prédio com auxílio de uma trena métrica (alcance máximo de 30 metros) e anotações dos componentes SPDA, após as medições e anotações, atualizam-se as plantas com o auxílio do software AutoCAD.

Para fazer as atualizações das plantas, os alunos participantes da iniciação científica foram à laje do CES/JF - Academia como o objetivo de fotografar e verificar os estados gerais das bitolas dos cabos de cobre nú com auxílio de um paquímetro, captos aéreos, captos isolados, conectores, bem como a disposição física dos telhados, salientando-se, que os telhados eram de telha estrutural de amianto.

## IV SEMINÁRIO DE EXTENSÃO E PESQUISA

05 A 07 DE NOVEMBRO DE 2018



O captor isolado tipo Franklin liga-se aos captores aéreos através de cabos seção 25 mm<sup>2</sup>, e os captores aéreos ligam-se ao eletrodos de aterramento através de cabos seção 16 mm<sup>2</sup>, salientando que há conectores eles. Esses componentes SPDA estão tudo interligados um aos outros.

Após as avaliações dos sistemas SPDA e atualização das plantas, fez-se as medições das resistências de aterramento, com auxílio de um terrômetro, modelo MTR-1522, da fabricante minipa . O terrômetro possui quatro entradas, mas utilizamos três delas (E-terra, P-potencial e C-corrente), interligando-se às hastes auxiliares aterradas ao solo, através de fios condutores, e seleciona-se medição de resistência com a chave seletora.

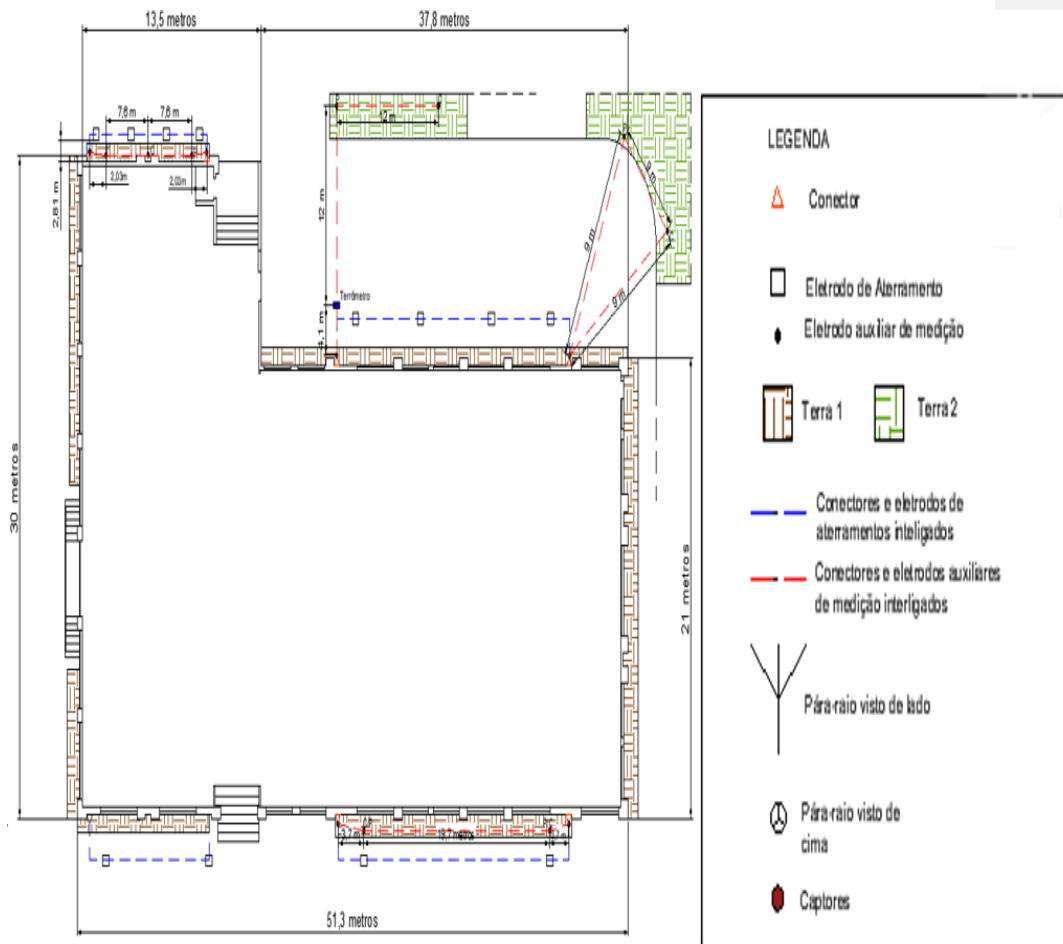
O terrômetro recebe os valores de potencial e corrente do solo, e calcula a resistência de aterramento, de acordo com a fórmula abaixo, mostrando os valores no display.

$$R = \frac{V}{I} \quad (1)$$

onde R é a resistência de aterramento, V a tensão aplicada e I a corrente elétrica injetada ao solo.

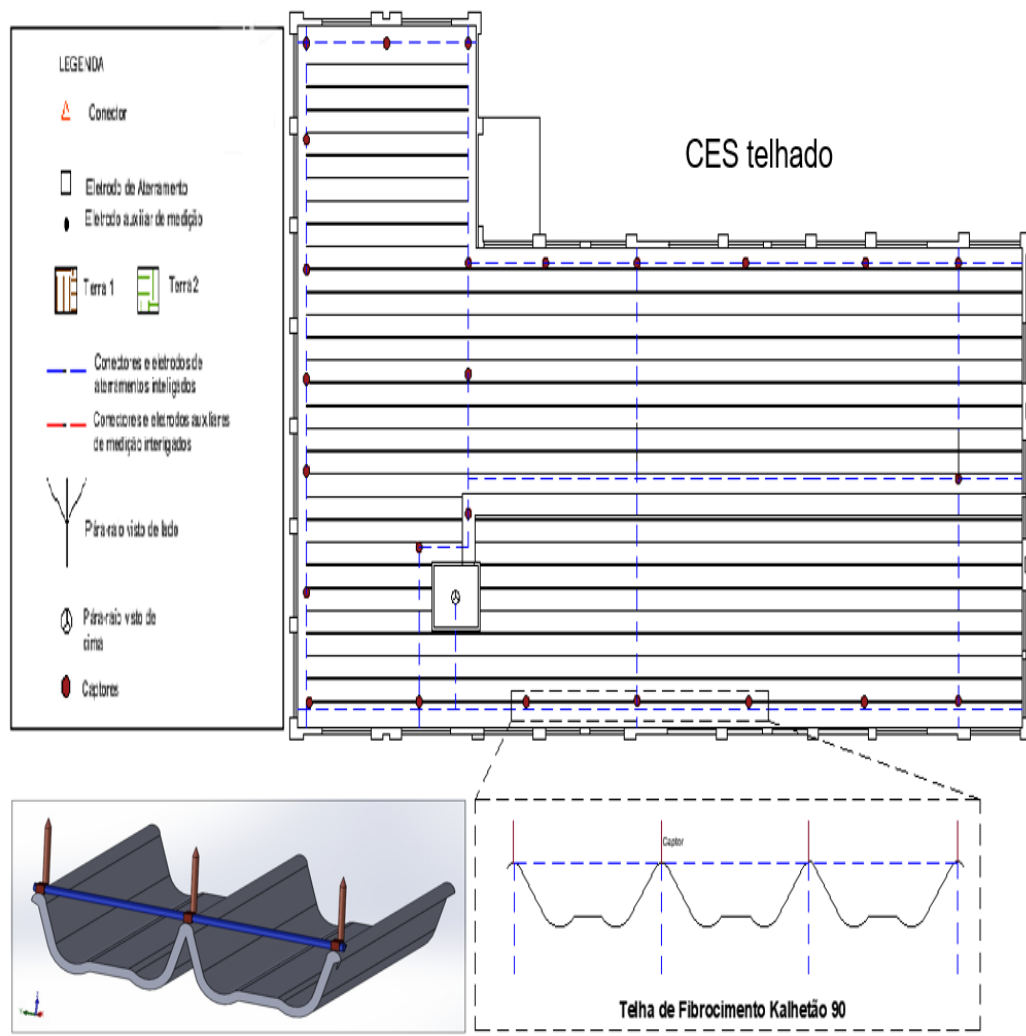
As medições da resistência de aterramento com o terrômetro, foi realizada em dia de sol, para que o solo apresente resistência máxima, consequentemente, os valores de medição serão mais preciso. Em dia de chuva, o solo apresenta-se com resistência mínima, influenciando na precisão dos valores de medida.

Figura 8: Planta do primeiro andar (térreo) do CES Academia



Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 9: Planta do último andar (telhado) do CES Academia



Fonte: Elaborado pelo autor

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Abaixo, tem-se os valores/resultados das medições de resistências de aterramento, pode-se observar que todos os valores estão abaixo de 10 ohms, valor limite que a norma NBR 5410 o especifica.

Figura 10: Resultados de medição.

Medições	Resistência de terra		
	Valores I	Valores II	Valores III
1	4,38Ω	5,12Ω	1,30Ω
2	4,30Ω	4,50Ω	1,40Ω

Fonte: Elaborado pelo autor

Como pode-se observar, os valores III estão muito abaixo em relação aos valores I e II, suspeita-se que a causa desses valores III sejam em virtude da terra estar rica em matérias orgânicas.

## 5 CONCLUSÃO

Os valores das resistências de aterramento estão de acordo com a norma NBR 5410, valores que permitem o escoamento da corrente elétrica de uma descarga atmosférica, para o solo com a mínima resistência, protegendo a edificação. O sistema de pára-raios, tais como captores, mastro e espaçadores, cabo de descida e tubos de proteção estão em bom estado de acordo como a norma NBR 5419 determina. Para fazer a inspeção realizada no Ces-Academia, foi necessário a elaboração de novas plantas e foi analisado detalhadamente o estado geral do sistemas de para-raio e aterramento. Foram



## IV SEMINÁRIO DE EXTENSÃO E PESQUISA

05 A 07 DE NOVEMBRO DE 2018



gerados pelos professores e alunos autores deste artigo, o resultado sob a forma de relatório que será posteriormente enviado para o coordenador do curso de Engenharia Elétrica o qual fará o encaminhamento para o setor de infra-estrutura da faculdade.

A norma NBR 5419/2015 prevê que devem ser realizados inspeções, ensaios e manutenção a cada 6 meses para determinar se os equipamentos estão em boas condições para prevenir ou reduzir os possíveis danos causados às pessoas e as estruturas.

Para maior confiabilidade dos equipamentos deve ser realizada a manutenção por um profissional habilitado levantando as informações referentes ao SPDA e a necessidade de intervenção preventiva ou corretiva para melhor eficiência do sistema.

A documentação do SPDA deve conter os dados sobre o nível de proteção, os desenhos do projeto, os componentes aplicados, os dados da estrutura do solo e as informações técnicas sobre os ensaios realizados no projeto de SPDA.

O campus do CES/JF- Academia envolve áreas que não estão totalmente cobertas pelo sistema de proteção ora vigente, devido o amplo fluxo de circulação de pessoas, recomendamos a ampliação do sistema de proteção para estas áreas a fim de aumentar a segurança.





## IV SEMINÁRIO DE EXTENSÃO E PESQUISA

05 A 07 DE NOVEMBRO DE 2018



### ABSTRACT

The Institution Centro de Ensino Superior de Juiz de Fora - Campus Academia (CES / JF), located at the following coordinates: latitude 21o 45' 47" South, longitude 43o 21' 10" West and altitude 719 meters, location that presents considerable density of atmospheric discharges, therefore, the purpose of this article is to describe the equipment (lightning rods, aerial and cable) of the Atmospheric Discharge Protection System (SPDA) that the use them, if they present safety conditions and facilities in accordance with with standard 5419. In addition, also check how the grounding system is (rods or electrodes grounded to the ground) and if they comply with NBR 5410, and measure the ground resistance (or earth resistance) with assistance of a measuring equipment, terrometer. After the checks and measurements, discuss the results and seek improvements and send the final report to the institution in order to periodic monitoring of systems.

Keywords: SPDA, electric grounding system, atmospheric discharges.

# IV SEMINÁRIO DE EXTENSÃO E PESQUISA

05 A 07 DE NOVEMBRO DE 2018



## REFERÊNCIAS

SOUZA, André Nunes; RODRIGUES, José Eduardo; BORELLI, Reinaldo; BARROS, Benjamin Ferreira. **SPDA Sistema de Proteção contra Descargas Atmosféricas: Teoria, Prática e Legislação**: São Paulo, Editora Saraiva, 2017.

RIBEIRO, Flávio André da Silva et al. **“Proteção de um edifício industrial contra efeitos das descargas atmosféricas,”** 2012.

BURATTO, Flávio Sawada. **Sistemas de proteção contra descargas atmosféricas utilizando componentes naturais da edificação**. 2011. 93f. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2011.

FILHO, Silvério Visacro. **Aterramentos Elétricos**. São Paulo, Editora Artliber, 2002.

KINDERMANN, Geraldo; CAMPAGNOLO, Jorge Mário. **Aterramento Elétrico**. Porto Alegre: Editora Sagra - D.C.Luzzato, 1995.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5410**: Instalações elétricas de baixa tensão. Rio de Janeiro, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5419**: Proteção de estruturas contra descargas atmosféricas. Rio de Janeiro, 2001.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15749**: Medição de resistência de aterramento e de potenciais na superfície do solo em sistemas de aterramento. Rio de Janeiro, 2009.