



**UNIVERSIDADE DO ESTADO DO AMAZONAS - UEA ESCOLA
SUPERIOR DE TECNOLOGIA - EST**

KEICIANE RODRIGUES DA SILVA

**PROJETO DE PROTEÇÃO CONTRA DESCARGAS ATMOSFÉRICAS
(PDA) EM UMA EMISSORA DE TELEVISÃO SITUADA NA CIDADE DE MANAUS**

Manaus

2018

KEICIANE RODRIGUES DA SILVA

**PROJETO DE PROTEÇÃO CONTRA DESCARGAS ATMOSFÉRICAS
(PDA) EM UMA EMISSORA DE TELEVISÃO SITUADA NA CIDADE DE MANAUS**

Projeto de Pesquisa desenvolvido durante a Disciplina de TCC II e apresentada à banca avaliadora do Curso de ENGENHARIA ELÉTRICA da Escola Superior de Tecnologia da Universidade do Estado do Amazonas, como pré-requisito para a obtenção do título de ENGENHEIRA ELETRICISTA.

Orientador: Eng: Dr. Luis Benigno C. Barrios

MANAUS/AM

2018

Universidade do Estado do Amazonas – UEA
Escola Superior de Tecnologia - EST

Reitor:

Cleinaldo de Almeida Costa

Vice-Reitor:

Cleto Leal

Diretor da Escola Superior de Tecnologia:

Roberto Higino Pereira da Silva

Coordenador do Curso de Engenharia Elétrica:

Ingrid Gadelha

Banca Avaliadora composta por:

Data da defesa: 20/06/ 2018.

Prof. Dr. Luis Benigno Corrales Barrios (Orientador)

Prof. Pierre Macêdo

Prof. Dr. Carlos de León Benítez

CIP – Catalogação na Publicação

Silva, Keiciane Rodrigues da

Projeto de Proteção Contra Descarga Atmosférica (PDA) em uma emissora de televisão situada na cidade de Manaus / Keiciane Rodrigues da Silva; [orientado por] Luiz Benigno Corrales Barrios. – Manaus: 2018.

34 f. p.: il.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Elétrica). Universidade do Estado do Amazonas, 2018.

1. Descargas Atmosféricas
 2. SPDA
 3. Sistemas elétricos e eletrônicos internos na estrutura
- I. Benigno Corrales Barrios, Luis

KEICIANE RODRIGUES DA SILVA

PROJETO DE PROTEÇÃO CONTRA DESCARGAS ATMOSFÉRICAS
(PDA) EM UMA EMISSORA DE TELEVISÃO SITUADA NA CIDADE DE MANAUS

Pesquisa desenvolvida durante a disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso II e apresentada à banca avaliadora do Curso de Engenharia Elétrica da Escola Superior de Tecnologia da Universidade do Estado do Amazonas, como pré-requisito para a obtenção do título de Engenheira Eletricista.

Nota obtida: _____ (_____)

Aprovada em: 20/06/2018

Área de concentração: \Sistema de Proteção Elétrica

BANCA EXAMINADORA

Orientador: Dr. Luis Benigno Corrales Barrios.

Avaliador: Dr. Pierre Macedo

Avaliador: Dr. Carlos de León Benítez

Manaus 2018

Dedicatória

Dedico este trabalho ao meu bom Deus, por ter me fornecido a vida. A minha família pela paciência por ter me ausentado diversas vezes, principalmente meu filho Ezequiel que é a minha razão de acordar disposta a vencer os obstáculos.

Agradecimentos

A sabedoria divina pela criação da vida; aos meus pais, irmãos, sogros, esposo e filho pelo apoio fraterno e amor incondicional recebido. Ao meu orientador Luis Corrales pelo ensinamento através de suas atitudes que o conhecimento não é obrigação, mas a própria curiosidade de atingir o desconhecido. Ao Luis Henrique que não mediu esforços em me ajudar quando precisei e à todos que viveram esse sonho comigo.

**“Tudo o que um sonho
precisa para ser realizado é
alguém que acredite que ele pode
ser realizado”**

(Roberto Shinyashiki)

RESUMO

Conforme o Grupo de Eletricidade Atmosférica (ELAT, 2017) do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), que divulgou em setembro um levantamento inédito sobre raios, o Brasil continua sendo campeão em incidência de raios, com uma média de 77,8 milhões ao ano, número bem maior que o apresentado em 2002, 50 milhões. Por esse motivo, o presente trabalho tem como proposta a elaboração de um Projeto de Proteção contra Descarga Atmosférica (PDA) de uma Emissora de Televisão localizada na zona sul da cidade de Manaus observando sempre a norma regulamentadora NBR 5419/2015. O estudo foi dividido na seguinte sequência: pesquisa bibliográfica, pesquisa de campo, análise documental, cálculos para a realização do projeto com auxílio de uma planilha e por último a implementação do projeto no AutoCAD. O trabalho permitiu que a emissora conhecesse que o estúdio da emissora possui necessidade de um SPDA atualizado e instalações de medidas de proteção contra surtos, principalmente DPS, pois a mesma possui diversos eletroeletrônicos e equipamentos de telecomunicações.

Palavras-Chave: Descarga atmosférica. Proteção. SPDA. DPS

ABSTRACT

According to the Atmospheric Electricity Group (ELAT, 2017) of the National Institute for Space Research (INPE), which issued a survey on the declarations on the subject in September, Brazil continued to be a lightning rod champion with an average of 77, 8 million year, number greater than that presented in 2002, 50 million. For this reason, the present work has presented a proposal for a project to protect against the Atmospheric Discharge (PDA) of a Television Station located in the city of Manaus, always observing the regulatory norm NBR 5419/2015. The study was live in the following sequence: bibliographic research, field research, documentary analysis, calculations for the realization of the project with the aid of a spreadsheet and finally an implementation of the project in AutoCAD. The work has enabled the station to provide an SPDA and its surge protection facilities, mainly DPS, to those who are electronics and telecommunications equipment.

Keywords: Atmospheric discharge. Protection. Risk. SPDA.

Sumário

INTRODUÇÃO	11
1 REFERENCIAL TEÓRICO	13
1.1 GERAL	13
1.2 DESCARGAS ATMOSFÉRICAS.....	13
1.3 GERENCIAMENTO DE RISCO	18
1.4 SPDA.....	27
1.5 SISTEMAS ELÉTRICOS E ELETRÔNICOS INTERNOS NA ESTRUTURA.....	35
2. METODOLOGIA	41
2.1 MATERIAIS	41
2.2 MÉTODOS	42
3 ANÁLISE E IMPLEMENTAÇÃO DO ESTUDO DE CASO	43
3.1 ANÁLISE DE RISCO	44
3.2 IMPLANTAÇÃO DO SPDA.....	49
3.3 PROTEÇÃO DO SISTEMA ELETROELETRÔNICO.....	53
CONCLUSÕES	61
FONTES CONSULTADAS	63
APÊNDICE A. PLANTA BAIXA GERAL AUTOCAD	64
APÊNDICE B. CÁLCULO DA ANÁLISE DE RISCO	65
APÊNDICE C. FIGURA 1 (SUBESTAÇÃO)	97
APÊNDICE C. FIGURA 2 - (SUBESTAÇÃO 3D)	98
APÊNDICE D. (DETALHES DA TORRE)	99
APÊNDICE E. (GERAL COM SPDA)	100
APÊNDICE F. (ESTÚDIO EMISSORA)	101

INTRODUÇÃO

As descargas atmosféricas comumente conhecidas como raios, há muito tempo atrás foram consideradas como “castigos do céu” contra a arrogância da humanidade sendo apenas descobertas como fenômeno da natureza puramente elétrico, no século XVIII, por Benjamin Franklin. Mesmo devido a grandes avanços nesta área, ainda restam muitas dúvidas quanto ao seu processo de eletrificação nas nuvens, restando a única certeza que o seu impacto é destruidor. Conforme o Grupo de Eletricidade Atmosférica (ELAT, 2017) do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), que divulgou em setembro um levantamento inédito sobre raios, o Brasil continua sendo campeão em incidência de raios, com uma média de 77,8 milhões ao ano, número bem maior que o apresentado em 2002, 50 milhões. O aumento não significa necessariamente dizer que a média de descargas atmosféricas aumentou, mas sim da melhoria da tecnologia de detecção de raios rede BrasilDAT Dataset, administrado pelo INPE, que integra dados de 3 redes de monitoramento, contando com mais de 100 sensores espalhados em todas as regiões do Brasil. Segundo ainda o levantamento, o estado campeão é o Tocantins com 17,1 km/raios, em seguida, Amazonas (15,8 km/raios) , Maranhão (13,3 km/raios), Pará (12,4 km/raios), Rondônia (11,4 km/raios), Mato Grosso (11,1 km/raios), Roraima (7,9 km/raios), Piauí (7,7 km/raios) e São Paulo (5,2 km/raios). Por município, a cidade campeã com incidência de raios é Santa Maria das Barreiras (Pará), com 44,33 km/raios, maior densidade do país e, quanto a probabilidade de alguém morrer por raios, o campeão é São Gabriel da Cachoeira com 20,63 mortes por milhão de habitantes/ano, superior a todas as capitais brasileiras.

A incidência de descargas causa mortes, incêndio em florestas, colapsos em redes de telecomunicações, geração e transmissão de energia elétrica e perda de patrimônio cultural insubstituível, é o caso de descarga atmosférica em museus, igrejas e sítios arqueológicos, gerando prejuízo anual na ordem de R\$ de 1 bilhão.

Esses danos podem ser minimizados e até mesmo, em certas ocasiões específicas, evitados com a utilização de medidas de Proteção contra Descarga Atmosférica (PDA) no sistema elétrico e nas estruturas físicas que compõem esses estabelecimentos. O PDA tem como objetivo basicamente de interceptar a descarga atmosférica e em seguida dispersar a corrente da descarga atmosférica para a terra, protegendo a estrutura e tudo que está dentro ou próximo da estrutura.

Nesse sentido, foi observado que a emissora de televisão, localizado em região com alto índice de descargas atmosféricas, exatamente 16,3 km/ano, possui altíssima probabilidade de, ao longo de seu funcionamento, possuir um grande número representativo de índices de falhas de equipamentos eletroeletrônicos e no seu sistema elétrico instalado (interno e externo); bem como perdas e danos de materiais e, principalmente riscos de danos à vida. Por esse motivo, o presente trabalho tem como proposta a elaboração de um Projeto de Proteção contra Descarga Atmosférica (PDA) de uma Emissora de Televisão localizada na zona sul da cidade de Manaus observando sempre a norma regulamentadora NBR 5419/2015, onde será: identificado o tipo de estrutura e os seus tipos de perdas; elaborado o gerenciamento de risco da emissora; definido o tipo de Subsistema de Captação, Subsistemas de Descidas e Subsistemas de Aterramentos; elaborado Medidas adequadas de Proteção contra Surtos (MPS) e apresentados os principais elementos do SPDA projetado e cotação simples do projeto.

A hipótese para este projeto é que se um novo projeto SPDA é feito, será possível obter a proteção total do equipamento contra a queda de raios no prédio e nas linhas de transmissão de energia e dados

Felizmente para o aumento da segurança de pessoas, estruturas e instalações, no dia 22 de maio de 2015 foi colocada em vigência à revisão da Norma NBR 5419/2005 para NBR 5419/2015 onde o número de páginas saltou de 42 para 344, mostrando significativamente o aumento do número de especificações necessárias para o dimensionamento do SPDA de forma a garantir maior segurança tanto às pessoas no ambiente quanto aos equipamentos eletroeletrônicos.

O produto final deste trabalho pode ser aproveitado no meio acadêmico como fonte de referência para disciplinas ou trabalhos futuros, por conter medidas descritas na norma através de um estudo de caso em uma emissora de televisão da região sul da cidade de Manaus, já que existem poucas fontes literárias revisadas que aborde de maneira objetiva a Norma, especialmente relacionada a quarta parte da norma, onde a maioria das empresas não implementam em seus projetos de proteção contra descargas atmosféricas e, por sua complexidade e extensão, um tema abordado de forma incompleta ainda na matéria de Instalações Elétricas. Vale mencionar que a elaboração do projeto de SPDA envolve vários conceitos estudados nas disciplinas do curso de Engenharia Elétrica, tais como: Circuitos I e II Física III e IV, Eletromagnetismo e principalmente Instalações Elétricas.

1 REFERENCIAL TEÓRICO

1.1 GERAL

Um PDA é um sistema completo que tem por finalidade proteger uma estrutura física e também proteger pessoas próximas a estrutura, incluindo seu sistema elétrico dos efeitos causados pelos raios. (Filho, 2017) retrata melhor quando escreve:

Uma edificação é considerada segura contra descargas atmosféricas a partir do momento em que todo o procedimento de instalação de proteção for projetado e construído de tal maneira que os componentes da estrutura, as pessoas, os equipamentos e instalações, que estejam permanentemente ou temporariamente em seu interior, fiquem efetivamente protegidos contra os raios e seus efeitos pelo maior espaço de tempo possível. (FILHO, 2017, p. 600)

Ainda conforme a Associação Brasileira de Normas Técnicas NBR 5419-1: 2015, o SPDA externo é responsável por interceptar a descarga atmosférica diretos à estrutura, quanto a descarga atmosférica lateral às estruturas e em seguida conduzir a corrente da descarga atmosférica seguramente para o solo e finalmente dispersá-la e, um Sistema Interno que evite centelhamentos nocivos na estrutura entre os componentes internos à estrutura.

O SPDA é normatizado internacionalmente pela *International Electrotechnical Commission* (IEC) e nacionalmente pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), através da norma NBR 5419/15. A versão mais atualizada entrou em vigor no dia 22 de maio de 2015, tendo início em 2005 pela Comissão de Estudos CE-03:64:10 - Proteção contra descargas atmosféricas, do Comitê Brasileiro de Eletricidade, Eletrônica, Iluminação e Telecomunicações (Cobei), tendo como base a norma IEC 62305/2010 parte 1 a parte 4. A versão 2015 da norma NBR 5419 modifica profundamente o modo em se trabalhar com a proteção contra descargas elétricas.

1.2 DESCARGAS ATMOSFÉRICAS

A descarga atmosférica é um fenômeno natural puramente elétrico que

acontece na atmosfera e atinge o solo com uma grande intensidade, causando mortes, estragos e prejuízos enormes, às vezes até imensuráveis, em linhas de transmissão de energia e telefonia, incêndios florestais e residenciais. Um fenômeno bastante conhecido pelas pessoas, mas ainda muito ignorado, tornando o Brasil ainda um país com uma grande significância de número de mortes por raio ao ano. A figura 1 mostra uma situação típica de raios no Rio Grande do Sul.

Figura 1 - Raios no Rio Grande do Sul com horizonte Rivera/Uruguai



Fonte: ELAT,2017.

1.2.1 Formação das nuvens

A descarga atmosférica inicia-se com a formação da nuvem de tempestades que está dividido em três fases. (CREDER, 2011, p. 251)

a) Desenvolvimento: que ocorre como consequência do aquecimento da Terra pelo Sol, que produz correntes crescentes de ar úmido (massa ascendente), que se expandem, diminuindo sua densidade. Esta parcela de ar mais quente como consequência sobe ao encontro de camadas mais altas e mais frias da atmosfera, atingindo o nível de condensação. Caso a temperatura nestas camadas seja menor ou igual ao ponto de condensação, o vapor volta ao estado líquido sob forma de gotículas, dando origem as nuvens. As nuvens comuns são chamadas de *Cumulus* que se combinam e formam *Cumulus Congestus* (nuvens que formam chuvas, mas sem relâmpagos).

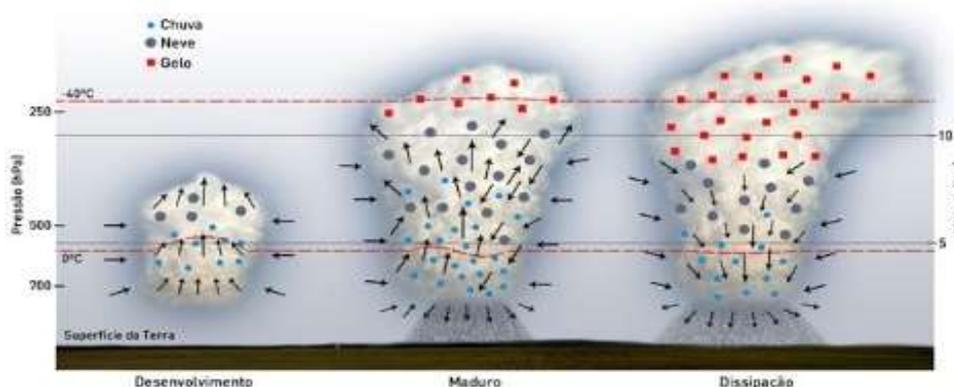
b) Madura: Devido a variabilidade térmica na atmosfera, as nuvens *Cumulus Congestus*, transformam-se em *Cumulonimbus* (Cbs). Nessa fase no interior da nuvem há movimento de ar ascendente e no exterior descendente, isto porque a

temperatura no interior da nuvem é superior à temperatura fora dela, essa variação causa uma diferença de densidade do ar gerando grandes correntes convectivas no interior da nuvem, gerando assim a Cumulonimbos. Logo em seguida, por meio da coalescência e correntes de ar, as chuvas com rajadas são formadas com produção de um a quatro relâmpagos por minuto.

c) Dissipação: Nesta fase o movimento do ar é descendente atuando de modo a inibir as novas correntes ascendentes dentro da nuvem, fazendo com que ela se dissipe. A intensidade da chuva e a atividade de relâmpagos diminuem, embora permaneçam significantes.

Na figura 2 pode-se notar as fases da formação da nuvem, iniciando-se com o desenvolvimento, maduro e chegando a dissipação.

Figura 2 - Fases da formação da nuvem



Fonte: ELAT, 2014

1.2.2 Formação dos raios

O raio, assim como o trovão e os relâmpagos, nasce durante a formação de tempestade. O raio é uma enorme faísca elétrica, já o trovão um som estrondoso, o qual provoca medo e o relâmpago é o efeito luminoso. Tecnicamente a descarga atmosférica é um processo de conversão de energia eletrostática em energia eletromagnética, térmica e acústica (CREDER, 2011, p. 251).

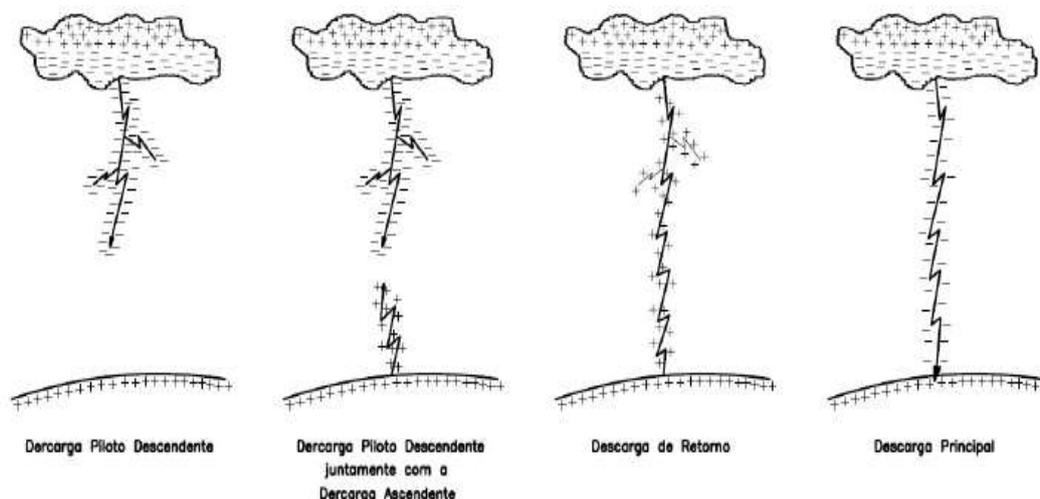
Os ventos entram em conflito com a partícula de gelo existente no topo da nuvem provocando a separação das cargas elétricas, assim a parte inferior da nuvem fica com excesso de carga negativa quanto à parte superior fica com carga positiva. Assim a parte negativa da nuvem ocasiona uma indução eletrostática no

solo resultando uma diferença de potencial de voltagem alta, na ordem de milhões de Volt, rompendo a rigidez elétrica. Dessa forma, surge um caminho condutivo de plasma pelo qual as cargas elétricas podem circular livremente formando, assim, a descarga elétrica atmosférica.

Conforme Filho (2017, p. 601) essa descarga elétrica é denominada como descarga elétrica descendente, ela se propaga em várias direções com formações de descargas secundárias em forma de ramificações, sendo 15%, descargas piloto, conhecida como “líder escalonado” ou “líder descendente”. Mantida a diferença de potencial entre a nuvem e a Terra, a descarga piloto ao aproximar-se do solo em torno de 50 metros encontra outra faísca denominada descarga ascendente. Descargas ascendentes são originadas por estruturas elevadas, como torres de telecomunicação ou para-raios de edifícios altos, que em função de suas altitudes, essas estruturas podem concentrar em seus topos uma grande quantidade de carga elétrica induzida e de sinal oposto à carga da base de uma nuvem de tempestade que passa sobre ela. Com isso, durante uma tempestade, inicia-se uma descarga na estrutura que se propaga em direção à nuvem.

A descarga piloto ao se encontrar com a descarga ascendente é estabelecido um canal de condutor ionizado entre a nuvem e o solo, criando uma descarga de retorno, que ao chegar à nuvem, ela atinge o máximo de luminosidade. Após isso, origina-se a descarga principal, de grande intensidade, no sentido da nuvem para a Terra. A figura 3 ilustra a formação de uma descarga elétrica atmosférica.

Figura 3 - Formação de uma descarga atmosférica.



Fonte: FILHO, 2017, p. 602.

1.2.3 Orientações na falta de um sistema de proteção contra raios

Infelizmente as pessoas ainda ignoram a descarga atmosférica na tempestade, por vê-la como um fenômeno da natureza simples. Por esse pensamento é comum na presença de uma tempestade, algumas pessoas tomarem providências inadequadas, expondo suas vidas a riscos. Nesse caso, o correto é procurar qualquer abrigo com Sistema de Proteção contra Descargas Atmosféricas, se possível o mais atualizado possível.

Não sendo este o caso, deve-se seguir no mínimo as recomendações orientadas por Filho (2017, p. 601), que são:

- Na praia, deve-se sair da água e procurar um abrigo de maior segurança.
- Em barcos pequenos ou jangadas, deve-se recolher a varinha de pescar e deitar no assoalho da embarcação.
- Em jogos de futebol na várzea deve-se interromper o jogo e procurar um abrigo seguro, quanto aos jogos de futebol em quadras e campos, deve-se proteger nas arquibancadas, independente de quem seja.
- Evitar qualquer lugar aberto, caso isso ocorra, deve-se ficar agachado de cabeça baixa.
- Nunca se abrigar debaixo de árvores.

Os melhores abrigos que as pessoas devem procurar em situações de tempestades são:

- Qualquer estrutura que tiver proteção de SPDA.
- Grandes estruturas de concretos, mesmo na ausência de SPDA.
- Túneis, estações de metrô, quaisquer estruturas subterrâneas.
- Automóveis, caminhões, carrocerias e congêneres, desde que devidamente fechados e dotados de superfície metálicas.
- Vias públicas, nas quais haja edificações elevadas.
- Interior de lanchas ou de navios metálicos.

1.2.4 Avaliação dos raios em Manaus

De acordo com o INPE, a média da densidade de descargas em Manaus é 14,474 por km²/ano, ficando em 23^o no lugar no ranking densidade no Amazonas e ocupando a 302^o no ranking densidade nacional. Para este projeto, será utilizado a

densidade de descarga atmosférica específico da zona oeste da cidade de Manaus, 16,3 por km²/ano.

A densidade de descargas atmosféricas pode ser obtida a partir da equação (1) simplificada.

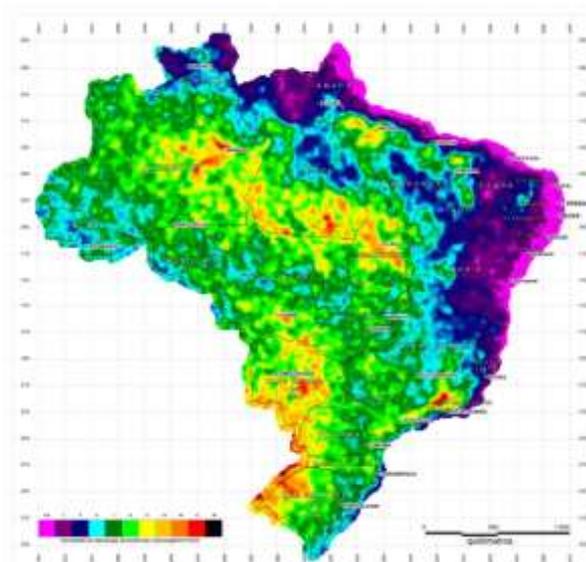
$$D_{dat} = 0,10 \times N_{dat} \frac{1}{(Km^2 \times ano)} \quad (1)$$

D_{dat} - Densidade das descargas atmosféricas para a Terra por km² por ano;

N_{dat} - número de dias de tempestades anuais, cujo valor pode ser obtido no mapa isoceurânico nacional mostrado na figura 4.

Também podendo-se obter a densidade de descargas atmosféricas (Ng) por meio de coordenadas cartesianas obtidas por GPS e inseridas no site http://www.inpe.br/webelat/ABNT_NBR5419_Ng.

Figura 4 - Densidade de descargas atmosféricas NG – Mapa do Brasil
(descargas atmosféricas/km2/ano).



Fonte: Filho, 2017, p.604

1.3 GERENCIAMENTO DE RISCO

1.3.1 Geral

Inicialmente para se projetar um SPDA é necessário analisar vários aspectos relacionados a estruturas, calcular os riscos e, posteriormente estabelecer quais medidas de proteção devem ser feitas. Os riscos são calculados devido à descarga nas estruturas e também nas pessoas. Se o risco for maior que o valor tolerável, é

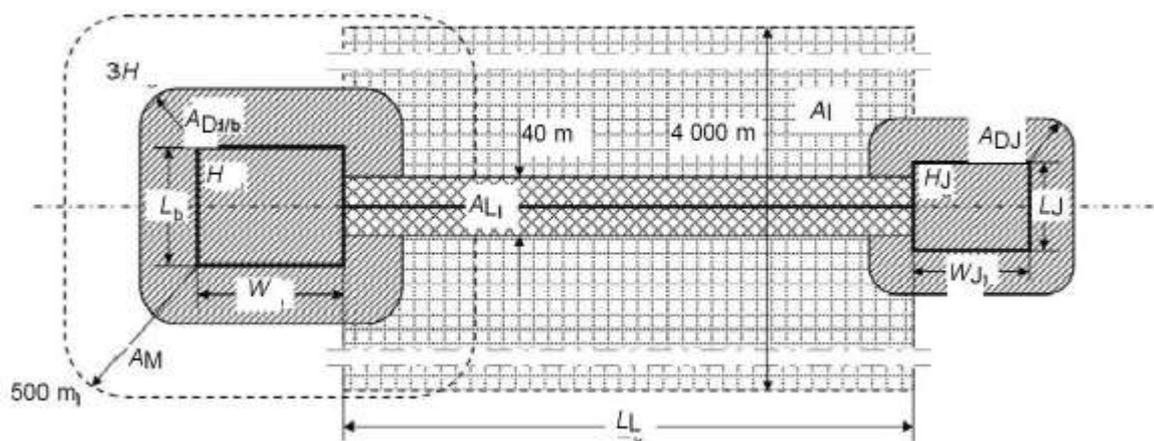
preciso adotar uma medida de proteção.

1.3.2 Mudanças

Na regra antiga, na norma NBR 5419/2005, calculava-se o N_g (densidade de descargas atmosféricas) por meio do mapa isoceurânico antigo e se aplicava a uma A_e (área de exposição equivalente) e aos fatores de ponderação de uma edificação que é a probabilidade ponderada de que a edificação seja atingida, com isso se tinha a frequência média anual de descargas (N_{pr}) sob uma edificação.

Na versão atual da norma, o N_g é obtido de forma mais precisa e mais atualizada por meio do site do INPE mencionado anteriormente e pela nova área de exposição equivalente, ver figura 5.

Figura 5 - Área de exposição equivalente a da estrutura adjacente em m^2 .



Fonte: Filho, 2017, p.606

Também na versão atual, o projetista deverá efetuar os cálculos e levar em consideração a estrutura como um todo, isto é, o local onde está localizado, quantos raios caem nessa região, se tem estruturas vizinhas e também se tem linhas de energia e telecomunicações ligada a estrutura. Dessa forma, o nível de proteção deixa de ser uma variável de saída para ser uma variável de entrada, essa é uma das grandes mudanças da norma, que impacta já no início do projeto, sem falar da variabilidade de soluções encontradas a partir do cálculo podendo ser escolhido a de menor custo e mais eficiente.

1.3.3 Atribuições a níveis

O SPDA é dividido em quatro níveis de proteção, que em linha geral é o

mesmo que dizer o sistema tem um nível de eficiência de acordo com a classe (nível) do SPDA. São eles:

a) Nível I

É o nível mais eficiente, destinado a estruturas que possam comprometer estruturas adjacentes.

b) Nível II

Diferente do nível anterior, é destinado a estruturas que não compromete estrutura vizinhas, porém, a estrutura presente pode gerar perdas de bens estimáveis.

c) Nível III:

Destinado a estruturas mais comuns.

d) Nível IV:

Destinado a estruturas onde não se têm material combustível, e principalmente, pouquíssima presença de pessoas no local.

Devido as grandes mudanças que a NBR 5419/2015 trouxe, principalmente quanto a alguns parâmetros, a eficiência das quatro classes aumentou. A tabela 1 mostra claramente que o crescimento maior de proteção foi no nível IV, aumentando 4%, em seguida o nível II que aumentou 2% e o nível I e III apenas 1%. Numericamente o aumento não foi grande, porém na prática, se bem projetado, o sistema SPDA atual comparado com o antigo traz mudanças significativas na eficiência do sistema (SOUZA, 2016, p. 82)

Tabela 1 - Comparação de eficiência de acordo com nível de proteção.

Nível de Proteção	Eficiência	
	NBR 5419/05	NBR 5419/15
I	98%	99%
II	95%	97%
III	90%	91%
IV	80%	84%

Fonte: Souza, 2016, p 82.

O nível de proteção é de fundamental importância porque indica qual a probabilidade do SPDA proteger a estrutura contra os efeitos da descarga atmosfera ou também indica a taxa de redução do risco de danos físicos provocado pela

mesma em uma estrutura (Cunha, 2018, p 20). Na tabela 2, encontra-se a probabilidade dos efeitos da descarga atmosférica na estrutura em função da classe do SPDA ou do nível de proteção.

Tabela 2: Probabilidade PB de uma descarga atmosférica em uma estrutura causar danos físicos

Características da estrutura	Classe do SPDA	PB
Estrutura não protegida por SPDA	-	1
Estrutura protegida por SPDA	IV	0,2
	III	0,1
	II	0,05
	I	0,02
Estrutura com subsistema de captação conforme SPDA classe 1 e uma estrutura metálica contínua ou de concreto armado atuando como um subsistema de descida natural		0,01
Estrutura com cobertura metálica e um subsistema de captação, possivelmente incluindo componentes naturais, com proteção completa de qualquer instalação na cobertura contra descargas diretas e uma estrutura metálica contínua ou de concreto armado atuando como um subsistema de descidas natural		0,001

Fonte: Norma NBR 5419-2: 2015

1.3.4 Danos devido às descargas atmosféricas

Até o momento já se sabe que as descargas atmosféricas são prejudiciais, podendo causar danos ao atingir as estruturas e tudo que está dentro ou próximo dela. Esses danos variam de acordo com o tipo de estrutura, de acordo com sua finalidade, ponto de impacto nas estruturas e das características das descargas atmosféricas, sendo a descarga atmosférica a fonte de danos.

Na tabela 3 encontra-se os tipos de estrutura e os efeitos das descargas atmosféricas na mesma.

Tabela 3 - Efeitos das descargas atmosféricas nos vários tipos de estruturas.

Tipo de estrutura de acordo com sua finalidade e/ ou conteúdo	Efeitos das descargas atmosféricas
Casa de moradia	Perfuração da isolação das instalações elétricas, incêndio e danos de materiais. Danos normalmente limitados a objetos expostos ao ponto de impacto ou no caminho da corrente da descarga atmosférica. Falha de equipamentos e sistemas elétricos e eletrônicos instalados (exemplos: aparelho de TV, computadores, modems, telefones etc.)
Edificação em zona rural	Risco maior de incêndio e tensões de passo perigosas, assim como danos materiais. Risco secundário devido à perda de energia elétrica e risco de vida dos animais de criação devido à falha de sistemas de controle eletrônicos de ventilação e suprimento de alimentos etc.
Teatro ou cinema Hotel Escola Shopping centers Áreas de esportes	Danos em instalações elétricas que tendem a causar pânico (por exemplo, iluminação elétrica) Falhas em sistemas de alarme de incêndio, resultando em atrasos nas ações de combate a incêndio.
Banco Empresa de seguros Estabelecimento comercial etc.	Conforme acima, adicionando-se problemas resultantes da perda de comunicação, falha de computadores e perda de dados.
Hospital Casa de tratamento médico Casa para idosos Creche Prisão	Conforme acima, adicionando-se os problemas relacionados a pessoas em tratamento médico intensivo e a dificuldade de resgatar pessoas incapazes de se mover.
Indústria	Efeitos adicionais dependendo do conteúdo das fábricas, que vão desde os menos graves até danos inaceitáveis e perda de produção.
Museu e sítio arqueológico Igreja	Perda de patrimônio cultural insubstituível.
Estação de telecomunicações Estação de geração a transmissão de energia elétrica	Interrupções inaceitáveis de serviços ao público.
Fábrica de fogos de artifícios Trabalhos com munição	Incêndio e explosão com consequências à planta e arredores.
Indústria química Refinaria Usina Nuclear Indústria e laboratório bioquímica	Incêndio e mau funcionamento da planta com consequências prejudiciais ao meio ambiente local e global.

A seguir as considerações em função do ponto de impacto nas estruturas:

- a) S1: descargas atmosféricas na estrutura;
- b) S2: descargas atmosféricas próximas à estrutura;
- c) S3: descargas atmosféricas sobre as linhas elétricas e tubulações metálicas que entram na estrutura;
- d) S4: descargas atmosféricas próximas às linhas elétricas e tubulações metálicas que entram na estrutura.

Observando os pontos de impacto da descarga atmosférica na estrutura, a norma NBR 5419-1: 2015, estabelece três tipos básicos de danos, relacionados abaixo:

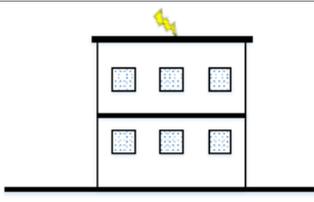
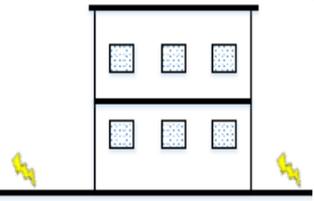
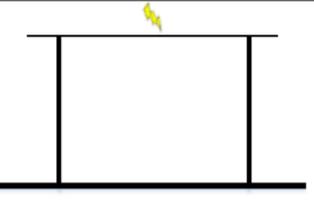
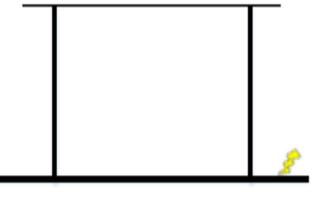
- a) D1: danos às pessoas devido ao choque elétrico;
- b) D2: danos físicos (fogo, explosão, destruição mecânica, liberação de produtos químicos) devido aos efeitos das correntes das descargas atmosféricas, inclusive centelhamentos;
- c) D3: falhas de sistemas internos devido a LEMP.

Os tipos de perdas são consequência de um ou mais danos a uma estrutura, que depende da característica do próprio objeto, podendo ser:

- a) L1 – Perda de vidas humanas,
- b) L2 – Perda de instalação de serviço ao público
- c) L3 – Perda de memória cultural
- d) L4 – perda de valor econômico (Perdas puramente econômicas).

Na tabela 3 encontra-se a relação dos tipos de danos e perdas para os tipos de ponto de impacto.

Tabela 3 - Danos e perdas relevantes para uma estrutura para diferentes pontos de impacto da descarga atmosférica.

Ponto de impacto		Fonte de dano	tipo de dano	Tipo de perda
Estrutura		S1	D1 D2 D2	L1, L4 ^a L1, L2, L3, L4 L1 ^b , L2, L4
Nas proximidades de uma estrutura		S2	D3	L1 ^b , L2, L4
Linhas elétricas ou tubulações metálicas conectadas à estrutura		S3	D1 D2 D3	L1, L4 ^a L1, L2, L3, L4 L1 ^b , L2, L4
Proximidades de uma linha elétrica ou tubulação metálica		S4	D3	L1 ^b , L2, L4

a – Somente para propriedades onde pode haver perdas de animais.

b – Somente para estruturas com risco de explosão, hospitais ou outras estruturas nas quais falhas em sistemas internos colocam a vida humana diretamente em perigo.

Fonte: Norma NBR 5419-1:2015.

1.3.5 Necessidade da proteção contra descargas atmosféricas

Tendo em vista as perdas e danos considerados anteriormente é necessária a avaliação dos riscos a que ficam submetidas às estruturas para que seja feita ou não um Sistema de Proteção contra Descarga Atmosférica. A NBR 5419: 2 – 2015 define risco como “ o valor da média anual provável (pessoas e bens) da estrutura a ser protegida”, um parâmetro importante na escolha do PDA adequado.

Os riscos a serem levados em consideração:

R1: risco de perda humana, incluindo ferimentos.

R2: risco de perda de serviço público.

R3: risco de perda de patrimônio cultural (museus, monumentos históricos etc.).

R4: risco de perda de valores econômicos.

Sendo o risco R4 levado em consideração somente se for considerada a vantagem econômica de instalação de SPDA.

Se o valor de R encontrado no final do cálculo de avaliação do risco (R_1 a R_3) for superior a R_T deve ser considerada a proteção contra descarga atmosférica por meio de um SPDA, caso contrário, deve-se adotar medidas de proteção de modo a reduzir o risco ao nível tolerável R_T .

A norma apresenta valores representativos de risco tolerável R_T , ver tabela 4:

Tabela 4: Valores típicos de riscos toleráveis R_T

Tipo de perda	R_T (y^{-1})
Perda de vida humana ou ferimentos permanentes	10^{-5}
Perda de serviço ao público	10^{-3}
Perda de patrimônio cultural	10^{-4}

Fonte: Norma NBR 541921:2015.

Quanto ao R4, a metodologia a ser seguida a princípio encontra-se no anexo D da norma, onde é feita uma comparação com custo de implantação de medidas de proteção com o benefício que estas medidas produzem.

Para situações onde os dados para esta análise são disponíveis, as normas fornecem um valor representativo de risco tolerável, que é $R_T = 10^{-3}$.

A NBR 5419: 2 – 2015 estabelece uma expressão básica que avalia o nível de risco, equação que pode ser explicitada de acordo com a composição dos componentes de risco, dada pela equação abaixo:

$$R_x = N_x \times P_x \times L_x \quad (2)$$

R_x – componente de risco devido a um evento perigoso causado por uma descarga atmosférica;

N_x – número de eventos perigosos é afetado pela densidade de correntes de descargas atmosféricas para a terra (N_g) no intervalo de um ano;

P_x – probabilidade de ocorrência de dano à estrutura;

L_x – perda consequente de um evento perigoso causado por uma descarga atmosférica;

Os componentes de risco a serem considerados para cada tipo de perda serão determinados pelos riscos parciais que dependem da fonte ou do tipo de dano na estrutura a ser protegida. Como mostra a equação abaixo:

$$R_x = R_{xA} + R_{xB} + R_{xC} + R_{xM} + R_{xU} + R_{xV} + R_{xW} + R_{xZ} \quad (3)$$

Onde:

R_A – componente de risco de ferimentos a seres vivos por uma descarga na estrutura;

R_B - componente de risco de danos físicos na estrutura por uma descarga na estrutura;

R_C - componente de risco de falha dos sistemas internos por uma descarga na estrutura;

R_M – componente de risco de falha dos sistemas internos por uma descarga perto da estrutura;

R_U - componente de risco de ferimentos a seres vivos por uma descarga na linha conectada;

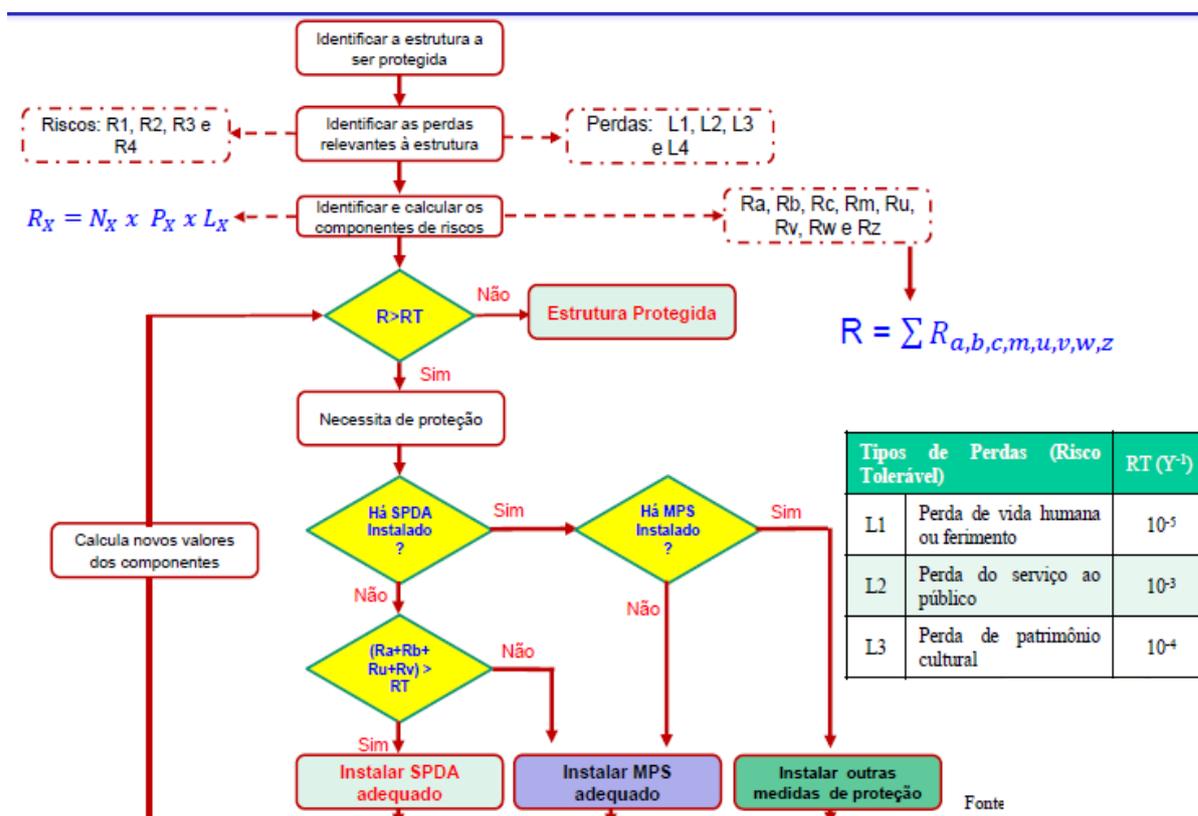
R_V - componente de risco de danos físicos na estrutura por uma descarga na linha conectada;

R_W – componente de risco de falhas dos sistemas internos por uma descarga na linha conectada;

R_Z – componente de risco de falha dos sistemas internos por uma descarga perto da linha.

O diagrama da figura 6 mostra o procedimento para o cálculo do risco.

Figura 6 - Diagrama para o procedimento o cálculo do risco.



Fonte: Silva, 2017, p.23.

No apêndice, é possível obter uma compreensão melhor de como fazer o gerenciamento de risco para o PDA.

1.4 SPDA

1.4.1 GERAL

Os SPDA's podem ser projetados e construídos utilizando materiais condutores naturais e condutores não-naturais (FILHO, 2017).

a) Condutores Naturais: São os elementos que devem permanecer dentro ou na estrutura definitivamente não podendo ser modificados, como armaduras de pilares, vigamentos metálicos da estrutura etc.

b) Condutores não-naturais: São os que não integram a estrutura, que foram instalados com objetivo único de proteger a estrutura contra os raios, são eles, cabos de cobre, alumínio, aço, aço cobreado etc.

De modo geral, o SPDA é integrado por três subsistemas, porém interligados. São eles, Subsistema de Captação, Subsistema de Descida, Subsistema de Aterramento.

1.4.2 Subsistema de captação

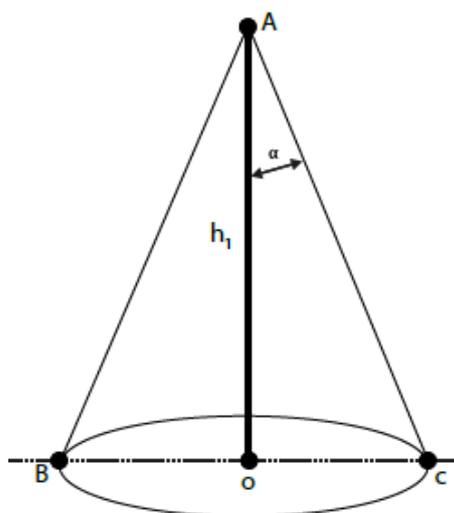
O Subsistema de Captação são os elementos expostos responsáveis de receber a corrente da descarga atmosférica e conduzi-la para o solo sem atingir a construção. Este subsistema pode ser composto pela combinação de hastes (mastros), condutores suspensos (terminal aéreo) e/ou condutores em malha, devendo “[...] ser posicionados nos cantos salientes, pontas expostas e nas beiradas (especialmente no nível superior de qualquer fachada) de acordo com um ou mais métodos.” (NBR 5419:3-2015). Para este subsistema existem três métodos diferentes de captação. São eles:

- a) Método do ângulo de proteção;
- b) Método da esfera rolante;
- c) Método das malhas.

1.4.2.1 Método do ângulo de proteção

Mais conhecido como o Método de Franklin, é definido como volume de proteção provido por um mastro é definido pela forma de um cone circular cujo vértice está posicionado no eixo do mastro, o ângulo, dependendo da classe do SPDA, e a altura do mastro. (NBR 5419:3 – 2015). Se a área a ser protegida for maior que a área correspondente do cone, mais de um captor deverá ser instalado para que toda a edificação seja protegida. Na figura 7 observa-se que o ângulo de proteção é uma função para altura do mastro:

Figura 7 - Cone correspondente o Método do Ângulo de Proteção.



Fonte: Norma NBR 5419-3: 2015

A – Topo do captor;

B – Plano de referência;

OC – Raio do cone;

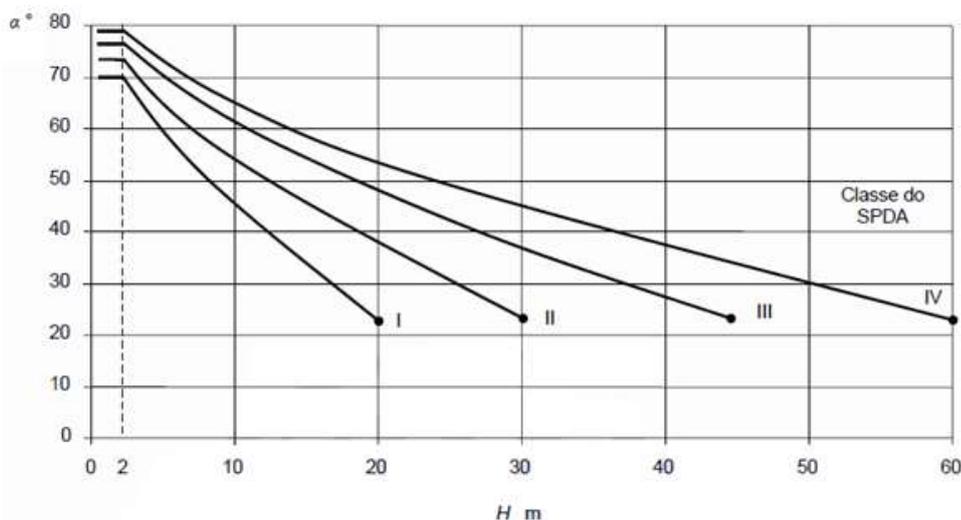
h_1 – Altura de um mastro acima do plano de referência;

α – ângulo que varia de acordo com a classe do SPDA.

$$R_p(OC) = h_1 \times \operatorname{tg}(\alpha) \quad (4)$$

No gráfico da figura 8 é possível ver a relação das quatro curvas distintas da classe de SPDA, ângulo de proteção e a altura da estrutura. Nota-se, por exemplo, que o Método de Franklin poderá ser utilizado em um SPDA classe I, se a altura H for de no máximo 20 metros, de outra forma, podendo ser instalados outros métodos.

Figura 8 - Ângulo de proteção correspondente à classe de SPDA.



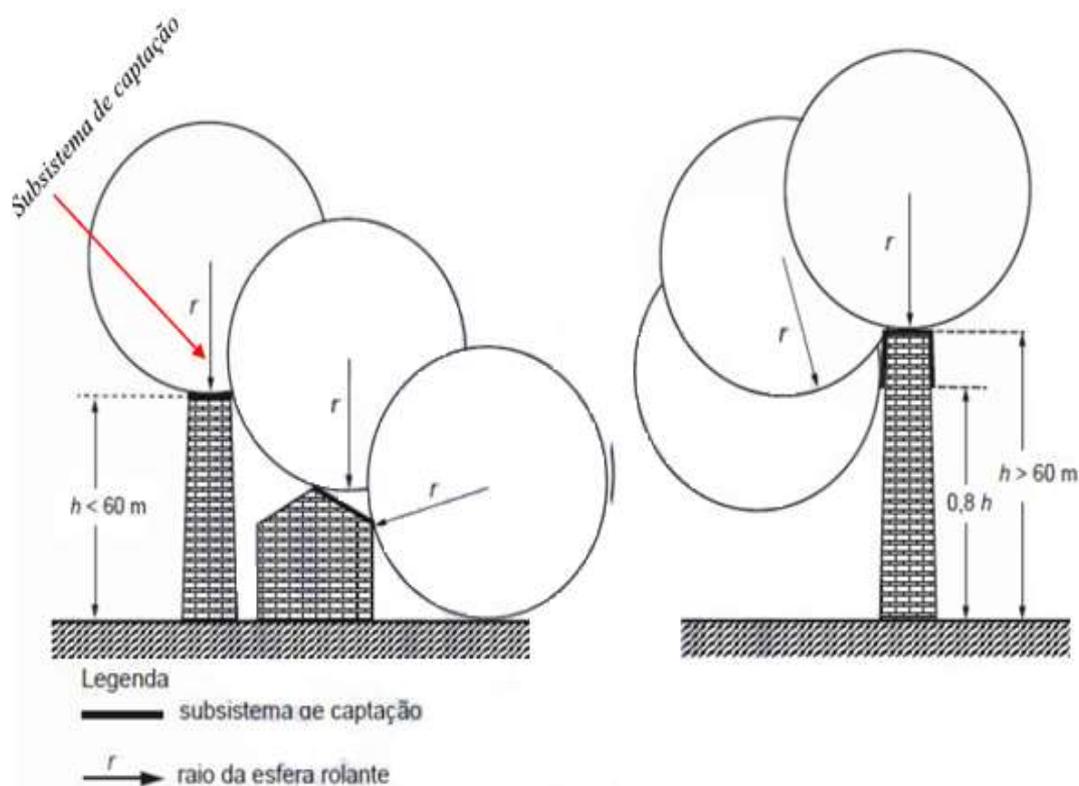
Fonte: Norma NBR 5419-3: 2015

1.4.2.2 Método da Esfera Rolante

Conhecido como eletrogeométrico, é o único método que não houve alteração da norma antiga para a norma em vigor. Este método se restringe ao volume de proteção dos captadores de um SPDA, utilizando uma esfera fictícia na qual rola sobre o subsistema de proteção e sobre o solo, com exceção do subsistema de captação, não podendo tocar em nenhum ponto da estrutura. (SOUZA, 2016, pg 34).

O raio da esfera rolante é mais utilizado em construções com alturas elevadas e em edificações de geometria irregular, tanto na parte superior como na parte simétrica. Na figura 9, observa-se a aplicação do método da esfera rolante em superfícies irregulares.

Figura 9 - Projeto do subsistema de captação conforme o método da esfera rolante.



Fonte: NBR 5419:3- 2015

Os raios são pré-determinados de acordo com a classe do SPDA, como mostra a tabela 5. Nota-se que o raio maior é 60 metros, isto é, as estruturas superiores a 60 metros, deverão instalar captosres laterais além da parte superior, ou adicionando captosres no topo da construção, aumentando assim a área protegida.

Tabela 5 - Valores do raio da esfera rolante em função da classe do SPDA.

Classe do SPDA	Raio da esfera rolante – R (m)
I	20
II	30
III	45
IV	60

Fonte: NBR 5419:3- 2015

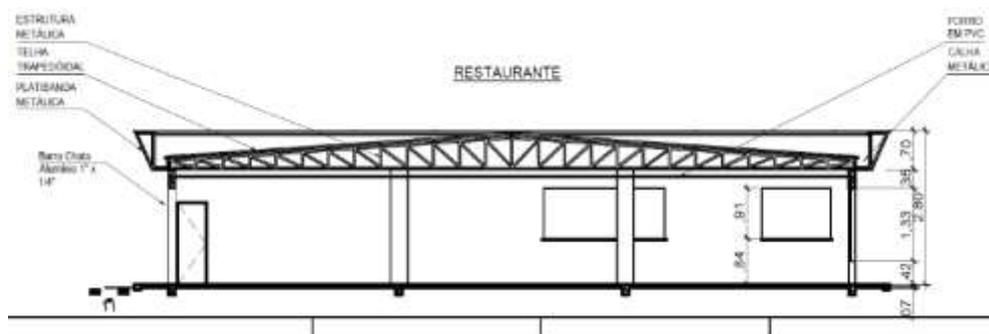
1.4.2.3 Método das Malhas

Conhecido como método de Faraday é formado basicamente por sistema de captosres, que por sua vez é formado por uma malha de condutores elétricos, no qual o campo eletromagnético é nulo. Conforme Filho (2017):

O Método das Malhas é fundamentado na teoria pelo qual o campo eletromagnético é nulo no interior de uma estrutura metálica ou por uma malha metálica, quando são percorridos por uma corrente elétrica de qualquer intensidade. (FILHO, 2017, p. 649)

Ao contrário do Método de Franklin, o método das malhas é indicado para estrutura com uma grande área horizontal e também indicado para superfície plana lateral contra raios. A figura 10 exemplifica bem a necessidade do uso do método das malhas ao invés do Método Franklin.

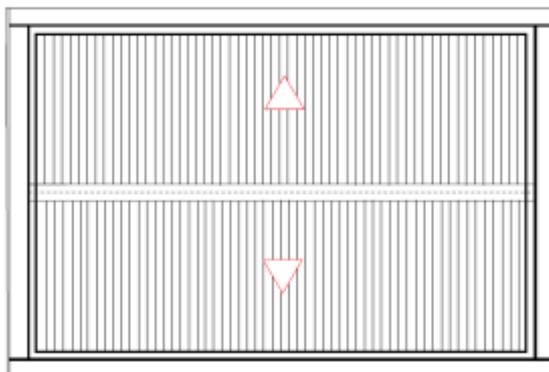
Figura 10 - Exemplo de uma estrutura ideal para a implantação do Método da Malha.



Fonte: Silva, 2017, p.171.

A figura 11 mostra a aplicação do Método da Malha em um restaurante, o qual possui uma área horizontal grande.

Figura 11 - Aplicação do Método da Malha em um restaurante



Fonte: Silva, 2017, p.172.

1.4.3 Subsistema de Descida

Este subsistema que tem a finalidade de dispersar a corrente gerada pela descarga atmosférica para o solo por vários caminhos, paralelos entre si e que tenham o menor comprimento possível, permitindo a continuidade elétrica ou não do subsistema de captação com o subsistema de aterramento.

A versão atual da norma traz mudanças quanto aos espaçamentos que foram reduzidos para os níveis de proteção II, III e IV, também aumentando a quantidade de material utilizado. A tabela 6 indica a distância dos condutores descidas de acordo com o nível de proteção do SPDA.

Tabela 6 - Valores das distâncias entre os condutores de descida em função das classes do SPDA.

Classe do SPDA	Distâncias (m)
I	10
II	10
III	15
IV	20

Nota: É aceitável uma variação no espaçamento dos condutores de descidas de $\pm 20\%$

Fonte: NBR 5419:3- 2015

Os subsistemas de descida podem ser classificados segundo sua natureza construtiva:

- a) Subsistemas de descidas naturais: São os elementos condutores que normalmente são integrantes da edificação. São exemplos de condutores naturais: “instalações metálicas eletricamente contínuas, armaduras de estruturas de concreto armado eletricamente contínuas, elementos de fachada eletricamente contínuos [...], vigamento de aço interconectado da estrutura.” (SOUZA, 2016, p.14)
- b) Subsistemas de descidas não–naturais: “[...] Condutores de cobre nus instalados sobre as laterais das edificações ou nelas embutidos, barras de ferro de construção ou similar instaladas no interior dos pilares das edificações para uso exclusivo do SPDA.” (FILHO, 2017 , p 633)

1.4.4 Subsistema de Aterramento

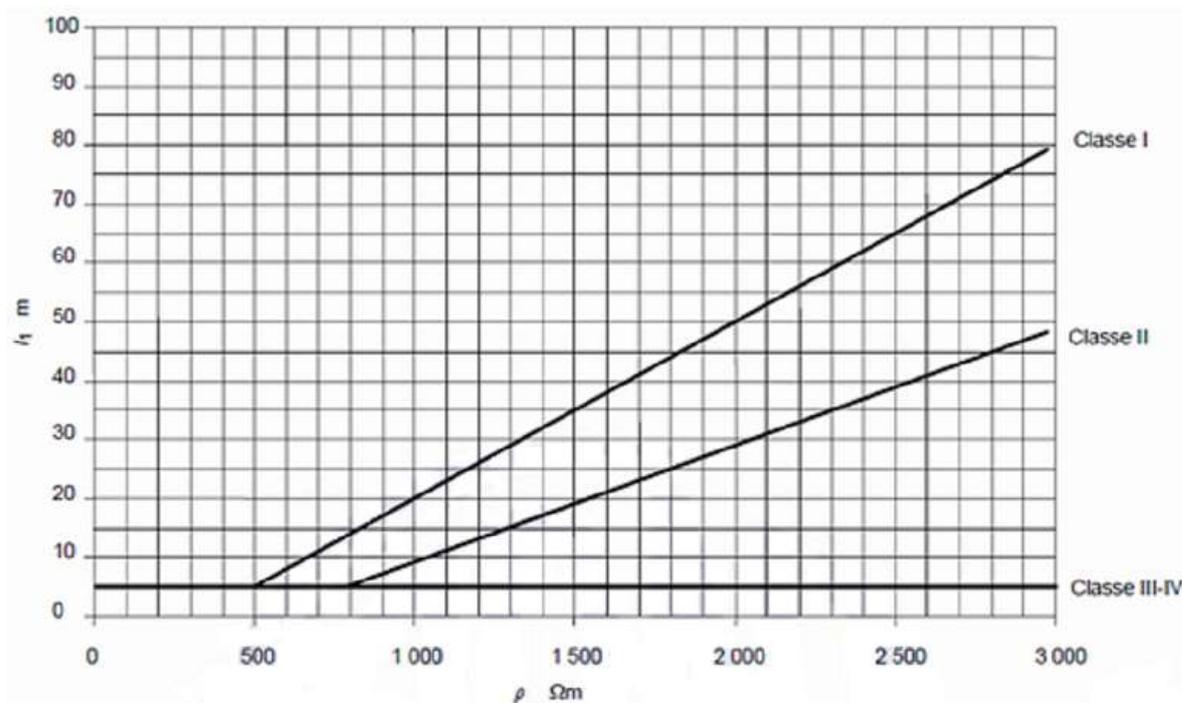
É um subsistema formado por elementos enterrados ou embutidos nas fundações das construções e têm como finalidade dispersar as correntes elétricas no solo. Que segundo a NBR 5419:3 - 2015 deve-se atender certas características básicas:

- As resistências de aterramento devem ser as mínimas possíveis, conforme o arranjo do eletrodo, a topologia e resistividade do solo no local.
- Sob o ponto de vista da proteção contra descargas atmosféricas, os elementos de aterramento devem ser comuns, sendo adequada para todos os propósitos, atendendo à proteção contra descargas atmosféricas, sistema de energia elétrica e sinal de telecomunicações.
- Na impossibilidade do aproveitamento das armaduras das fundações das edificações, o arranjo a ser utilizado consiste em um condutor em anel, externo à estrutura a ser protegida em contato com o solo.

Para os eletrodos de aterramento em anel, o raio médio (R_e) da área abrangida pelos eletrodos não pode ser inferior ao comprimento l_l do eletrodo, conforme a equação (4), onde l_l também é representado na figura 12, de acordo com as classes de SPDA, I, II, III, e IV.

$$R_e \geq l_l \quad (5)$$

Figura 12 - Ângulo de proteção correspondente à classe de SPDA.



Fonte: NBR 5419:3- 2015

Observa-se na figura 12 que as classes III e IV são independentes da resistividade do solo e para solos com resistividades maiores que 3000 $\Omega \cdot m$, prolongar as curvas por meio de equações citadas na NBR 5419:3 – 2015.

A instalação do eletrodo de aterramento em anel deve estar a aproximadamente 1 metro de distância ao redor das paredes externas da estrutura e ter uma profundidade de 0,5 metros no mínimo.

1.5 SISTEMAS ELÉTRICOS E ELETRÔNICOS INTERNOS NA ESTRUTURA.

A nova versão da NBR 5419-4 fornece medidas necessárias para que haja a redução dos riscos de danos permanentes aos sistemas eletroeletrônicos existentes nas estruturas causados pelo impulso eletromagnético da descarga atmosférica (LEMP). A antiga versão da norma não mencionava essa parte com tal abrangência e nível de detalhamento como a atual, que cita a proteção com a utilização de dispositivos de proteção contra surtos (DPS), arranjos de aterramentos e equipotencialização, blindagem eletromagnética e roteamento dos circuitos elétricos, entre outros.

Os equipamentos eletrônicos sensíveis localizados em estruturas, podem sofrer danos através das descargas atmosféricas que possuem altíssima energia e

podem causar surtos, para evitar danos medidas devem ser tomadas para proteger esses equipamentos de impulsos eletromagnético oriundos de:

- a) Surtos conduzidos ou induzidos pelos cabos conectados aos sistemas;
 - Irradiados diretamente para os próprios equipamentos.
- b) Originados de fontes externas ou internas à própria estrutura:
 - Origem externa à estrutura atingem as linhas entrando na estrutura, ou o solo próximo a elas, e são transmitidos aos sistemas elétricos e eletrônicos dentro da estrutura por meio destas linhas;
 - Origem interna à estrutura são criados por descargas atmosféricas que atingem a própria estrutura ou o solo próximo a ela.

Basicamente a NBR 5419-4 cita medidas básicas de proteção contra LEMP, sendo elas:

a) Aterramento e equipotencialização: responsáveis de conduzir a corrente da descarga atmosférica diretamente para o solo e por diminuir as diferenças de potenciais;

b) Blindagem magnética e roteamento das linhas: a blindagem limita os surtos que fluirão da zona externa para a mais interna.

A blindagem metálica dos cabos é realizada nas linhas internas e, para proteção dos equipamentos contra as interferências eletromagnéticas utiliza-se dutos metálicos fechando os cabos e gabinetes metálicos dos equipamentos.

c) Coordenação de DPS: a instalação de dispositivos de proteção contra surtos diminui os efeitos provocados por eles.

A utilização de DPS está vinculada com a limitação das tensões transitórias e provem caminhos para as correntes de surto para fora dos equipamentos, protegendo-os contra os efeitos de tais correntes originárias da descarga atmosférica (Wuallyson Wuilton Bortolato, p 39 apud BARRETO, R. M., 2009). Os DPS's podem ser utilizados nos materiais que adentram as estruturas, cabos de energia, linhas de telefone e cabos de antenas, certificando-se que o nível das sobretensões ou/e sobrecorrentes possam ser menores do que os níveis de resistividade dos equipamentos. Os tipos de DPS são classificados como:

c.1) Tipo I – São os DPS's responsáveis de eliminar os efeitos diretos causados pelas descargas atmosféricas, sendo obrigatório sua utilização quando há instalação de um SPDA na estrutura. Eles realizam a equipotencialização dos condutores de energia e sinal que entram ou saem da estrutura, desviando as correntes diretas para o sistema de aterramento. DPS's do tipo I são indicados para ficarem imediatamente próxima a entrada da estrutura, onde o condutor adentra a estrutura, com vínculo direto à BEP (Barra de Equipotencialização Principal), esses DPS's são submetidos a ensaios na curva 10/350 μ s, que simulam os efeitos de uma descarga atmosférica real.

c.2) Tipo II – Atuam como complemento dos DPS's classe I ou com outro tipo DPS classe II e devem ser instalados com um dispositivo de desconexão a montante (tipo disjuntor). São indicados a serem aplicados aos quadros de distribuição principais ou secundários, e neste caso, devem ser vinculados ao BEP, BEL ou PE (condutor de condução mais próxima. São colocados no quadro para proteger os equipamentos eletroeletrônicos contra sobretensões induzidas e conduzidas (efeitos indiretos).

c.3) Tipo III – São dispositivos com tempo de atenuação mais rápido que as classes anteriores, eliminando resíduos de correntes das descargas atmosféricas, sendo então instalados nas proximidades dos aparelhos eletroeletrônicos (André Caetano Magalhães, p 5 apud FINDER, 2012). As sobretensões são originadas internamente na instalação, produzidas pela variação de tensão que se originam da partida de motores, acionando disjuntores ou outros tipos de comutação. São aplicados junto aos equipamentos da tecnologia da informação (ETI) e outros, com corrente de consumo inferior a 10 A.

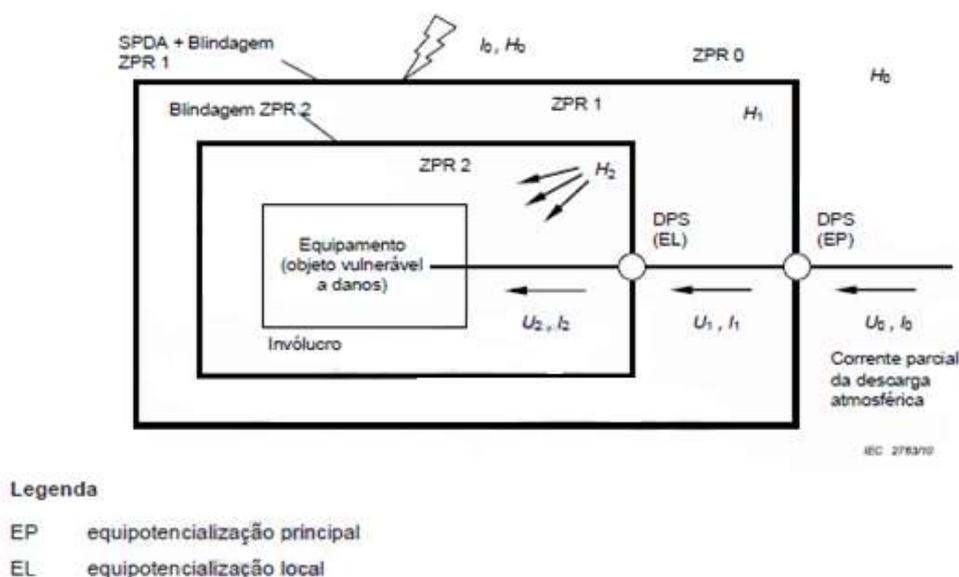
d) Interfaces isolantes: essa medida é responsável por diminuir os efeitos em linhas que entram nas zonas de proteção geradas pelos surtos.

1.5.1 Zonas de proteção contra raios (zpr)

A proteção contra surtos de origem atmosférica é baseada no conceito de zonas de proteção contra raios (ZPR's), que são divisões necessárias antes de qualquer MPS instalada, essas zonas são determinadas a partir da intensidade dos impulsos eletromagnéticos das descargas atmosféricas. Posteriormente a divisão

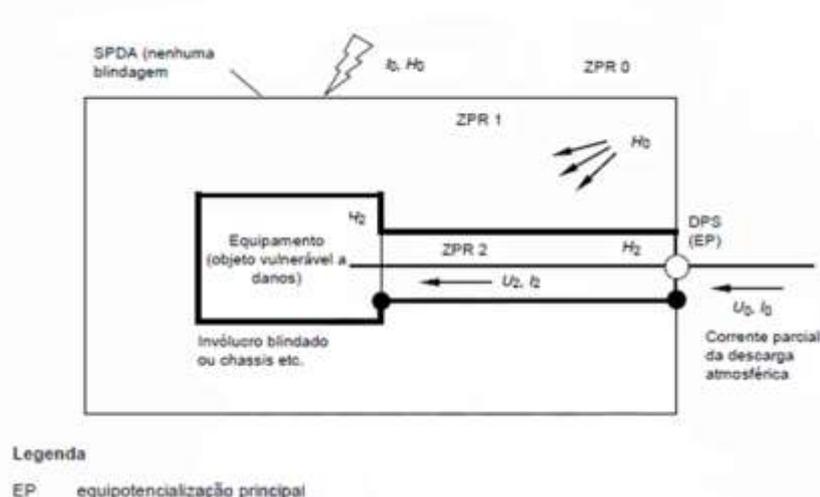
das zonas, é necessário que sejam determinados os DPS's e a blindagem, este último atua delimitando as zonas ou no invólucro que protege um determinado equipamento, como pode-se observar em dois dos 4 exemplos de possíveis medidas contra surtos que a NBR 5419 apresenta na figura 14(a) e 14(b).

Figura 14 a – MPS usando blindagem espacial e um sistema coordenado de DPS – Equipamentos bem protegidos contra surtos conduzidos ($U_2 \ll U_0$ e $I_2 \ll I_0$) e contra campos magnéticos irradiados ($H_2 \ll H_0$)



Fonte: NBR 5419:4- 2015

Figura 14 b – MPS usando blindagem espacial e um sistema coordenado de DPS – Equipamentos bem protegidos contra surtos conduzidos ($U_2 \ll U_0$ e $I_2 \ll I_0$) e contra campos magnéticos irradiados ($H_2 \ll H_0$)



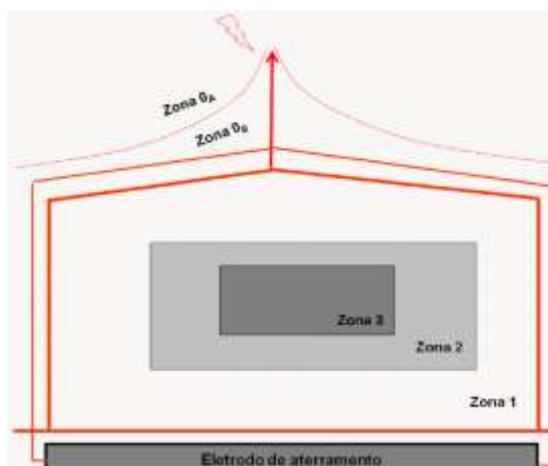
Fonte: NBR 5419:4- 2015

Além dos exemplos acima, é possível que a estrutura seja dividida em duas

zonas, sem nenhuma blindagem, apenas com a instalação de DPS na entrada da zona, ou ainda que possua apenas uma zona blindada com DPS em sua entrada. Nas duas situações, o equipamento fica em um invólucro,

As zonas de proteção contra raios (ZPR), em relação a estrutura, são divididas em: zonas externas e zonas internas. A figura 15 fornece uma visão mais clara quanto à divisão das zonas;

Figura 15 -Visão geral de divisão de zonas



Fonte: NBR 5419:4- 2015

Zona Externa:

➤ ZPR0: É a zona onde a descarga atmosférica atinge diretamente a estrutura, sujeitando os sistemas internos às correntes de surto de modo total (ZPR0a) ou parcial (ZPR0b);

- ZPR 0_A - A ameaça é devido a descarga direta e totalidade do campo eletromagnético gerado por ela. Os sistemas internos podem estar sujeitos às correntes de surto total.

- ZPR 0_B - Essa zona é protegida contra as descargas atmosféricas diretas, porém não quanto a totalidade do campo eletromagnético. Os sistemas internos podem estar sujeitos às correntes de surto parciais.

As zonas internas são divididas em:

- ZPR 1: zona onde a corrente de surto é limitada pela

distribuição das correntes e interfaces isolantes e/ou por DPS ou blindagem espacial instalados na fronteira das zonas. Blindagens espaciais em formas de grade podem atenuar significativamente o campo eletromagnético;

- ZPR 2...n: zona onde a corrente de surto pode ser ainda mais limitada pela distribuição de correntes e interfaces isolantes e/ou por DPS adicionais nas fronteiras entre as zonas mais internas. Blindagens adicionais podem ser usadas para atenuação adicional do campo eletromagnético gerado pela descarga atmosférica

2. METODOLOGIA

Este trabalho será uma Pesquisa Aplicada, cuja finalidade é a realização de uma pesquisa exploratória e descritiva sobre o material bibliográfico, principalmente da NBR 5419/15 que normatiza o tema proposto. Os procedimentos técnicos a serem utilizados serão o de pesquisa bibliográfica e estudo de caso. Quanto à metodologia, o trabalho utilizará o método dedutivo e a elaboração seguirá o método de procedimento monográfico. A coleta de dados será feita através da abordagem do tipo qualitativa, pois foi preciso obter dados descritivos dos fenômenos que envolvem o projeto de SPDA e também quantitativos, pois foram coletados dados específicos da estrutura.

2.1 MATERIAIS

Foram utilizados:

- Software AutoCAD
CAD que significa *computer aided design*, isto é, desenho assistido por computador, é um software comercializado pela Autodesk, para utilização de criação de diversos desenhos de produtos para diversas áreas. Este software foi fundamental para a cotação do SPDA da emissora e estruturas adjacentes, no qual foi utilizado a versão estudantil que está disponível no site da Autodesk.
- Microsoft Office Excel
Software mundialmente conhecido que possui uma interface intuitiva e ferramentas de cálculos. Foi utilizado para o cálculo do gerenciamento de risco para busca dos resultados de maneira mais rápida, mais eficaz e principalmente para manipulação dos resultados, quando foi necessário encontrar os parâmetros para redução do risco. A segunda parte da norma, exige que se tenha mais de 100 parâmetros de dados de entrada, eficaz, sendo 4 abas referentes a cada nível de risco e uma aba para os dados da estrutura. No final de cada aba dos riscos, o resultado é obtido e indica se o risco está abaixo ou não do risco tolerável, independente do resultado, a planilha indica as melhores medidas de proteção.

2.2 MÉTODOS

O estudo foi dividido em etapas:

- Pesquisa bibliográfica: Foram analisados conceitos de descarga atmosférica e levantado dados da situação do Brasil em relação ao fenômeno, do site do Instituto Nacional de Pesquisa (INPE), especificamente do seu grupo de Eletricidade Atmosférica (ELAT); foi feito também a análise das quatro normas da principal referência bibliográfica NBR 5419/15, com apoio direto do livro FILHO (2017).
- Pesquisa de campo: Para a elaboração do projeto, foram feitas diversas visitas a emissora para coleta de dados específicos e informações relevantes para realização dos cálculos e análise do projeto como todo. Esses dados e informações foram levantados através de um check list e também registros através de fotos.
- Análise documental: Antes do início da inspeção visual, tentou-se localizar o projeto e último laudo realizado nas instalações do SPDA, porém os funcionários da emissora não encontraram o projeto, sendo assim tendo uma dificuldade maior para análise do projeto atual
- Implementação do projeto no AutoCAD: Cotação do projeto para demonstração dos resultados.

3 ANÁLISE E IMPLEMENTAÇÃO DO ESTUDO DE CASO

Este capítulo destina-se ao memorial do projeto de PDA da emissora de televisão. A estrutura antes de virar o prédio atual, era uma casa residencial comum que foi alterada de acordo com a necessidade da emissora, dessa forma a estrutura não é um prédio de medidas iguais, a planta baixa encontra-se no apêndice A.

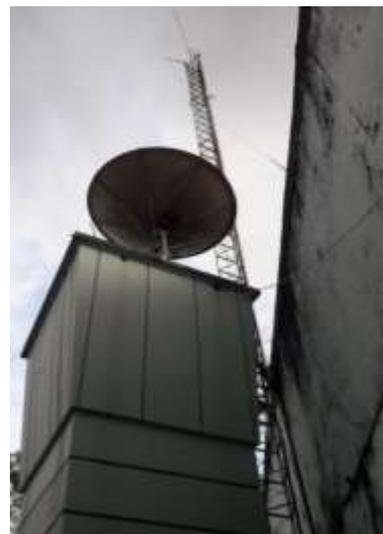
A emissora de televisão TV em Tempo, estúdio, está localizado no bairro Nossa Senhora das Graças, em frente ao antigo Parque Amazonense, e a sua torre de transmissão está no bairro do Aleixo. No estúdio da emissora há uma antena de rádio e mais 5 antenas parabólicas, das quais 3 antenas ficam sob a subestação, uma no chão e outra próxima a torre de 22 metros, conforme a figura 16 (a) e 16 (b) respectivamente.

Figura 16: Torre e antena parabólica

a) *2 antenas parabólicas localizadas sob a subestação e outra no chão.*



b) *Antena parabólica próxima a torre de áudio*



3.1 ANÁLISE DE RISCO

3.1.1 Dados da edificação

Tabela 7: Dados da estrutura da emissora

Tipo de Estrutura	<i>Prédio com estrutura em alvenaria e piso de madeira</i>	Atividade	<i>Emissora de TV</i>	
Localização Relativa:	<i>Estrutura cercado por objetos mais alto</i>		Tempo de exposição (tz) (hs)	8.760
<i>Número de possíveis pessoas em perigo (vítima e usuários na zona considerada Z1 externa) (n_z)</i>			140	
<i>Número total de pessoas esperado (usuários atendidos) na zona considerada Z2 interna (n_i)</i>			140	
DADOS RELEVANTES DA EDIFICAÇÃO				
EDIFICAÇÃO	COMPRIMENTO (m)	LARGURA (m)	ALTURA (m)	ÁREA (m²)
Estrutura Residencial	36,15	40	5	1446
Área Adjacente ao prédio (A_{dj}) (Subestação)	9	6,7	3,7	795,72
Densidade de Descarga Atmosférica (N_g)	16,3 Km/ano			

Fonte: Autor próprio

Nota: A planilha com todos os cálculos encontra-se no apêndice B, no qual indica com detalhe as equações e tabelas utilizadas da norma.

Para condições de projetos foram respondidos os questionamentos da tabela 8, para identificar as perdas relevantes da estrutura.

Tabela 8: Condições para a análise de risco

Condições do projeto	
Projeto com Risco de Explosão?	NÃO
Existe atendimento ao público?	SIM
Haverá perda de patrimônio cultural?	NÃO
Projeto com perda de animais?	NÃO
Haverá avaliação econômica?	SIM

Fonte: Autor próprio

Em função das respostas, considera-se:

a) Perda associada

L₁: Perda de Vida Humana (Incluindo ferimentos)

L₂: Perda de Serviço ao público

L₄: Perda de Patrimônio Cultural (Estrutura, conteúdo e perdas das atividades)

b) Riscos associados

R₁: Risco de perda de vida humana (incluindo ferimentos permanentes)

R₂: Risco de perda de serviço ao público

R₄: Risco de perda de valores econômicos

c) Danos associados

D₁: Ferimentos aos seres vivos

D₂: Danos físicos

D₃: Falhas de sistemas eletroeletrônico

d) Componentes de riscos relacionados

Os componentes encontram-se na tabela 9. As componentes R_C e R_V para riscos não são consideradas, pois a emissora não possui risco de explosão e nem tão pouco se ocorrer alguma falha em um dos equipamentos, alguma vida estará em risco. Para risco R₄ o R_a e R_u não serão consideradas pelo fato da emissora não possuir animais.

Tabela 9: Componentes do risco consideradas do projeto

Fonte de Danos	Descarga Atmosférica na Estrutura (S1)			Descarga Atmosférica perto da Estrutura (S2)	Descarga Atmosférica em uma linha conectada (S3)			Descarga Atmosférica perto de uma linha conectada (S4)
	Ra	Rb	Rc	Rm	Ru	Rv	Rw	Rz
R1: Risco de perda de vida humana	X	x			X	x		
R2: Risco de perda de serviço ao público		x	x	X		x	x	X
R3: Risco de perda de patrimônio cultural								
R4: Risco de perda de valor econômico		x	x	X		x	x	X

Fonte: Autor próprio

3.1.2 análise dos riscos

Conforme a tabela 9, os riscos se resumem em:

$$R1 = R_{1a} + R_{1b} + R_{1u} + R_{1v} \quad 5$$

$$R2 = R_{2b} + R_{2v} + R_{2w} + R_{2z} \quad 6$$

$$R4 = R_{4b} + R_{4c} + R_{4m} + R_{4v} + R_{4w} + R_{4z} \quad 7$$

Que de acordo com a planilha utilizada para os cálculos, obteve-se:

Resultado dos Riscos	Riscos toleráveis	
$R1 = 3,47 \times 10^{-4}$	10^{-5}	8
$R2 = 6,7 \times 10^{-2}$	10^{-3}	9
$R4 = 5,04 \times 10^{-2}$	10^{-3}	10

Percebe-se que os riscos são maiores que os riscos toleráveis permitidos. Para R1, a tabela 10 mostra que o risco está concentrado nos componentes de risco Rb e Rv, totalizando 98,86% do risco total, sendo necessário prever medidas de proteção contra incêndio e blindagem de linhas externas.

Tabela 10: Contribuição de cada componente de risco R₁

CONTRIBUIÇÃO DE RISCO R1	
Ra	0,60%
Rb	59,99%
Rc	0,00%
Rm	0,00%
Ru	0,54%
Rv	38,87%
Rw	0,00%
Rz	0,00%

Fonte: Autor próprio

. Para R₂, a tabela 11 indica que o risco está concentrado 45,16% na componente Rm, o que indica que é necessário prover medidas de proteção através de instalação de um SPDA, coordenação de DPS's e uma interligação equipotencial das descargas atmosféricas. Também o risco R₂ está concentrado 47,95% em Rz, o que implica dizer que é necessário medidas que dependam da blindagem, aterramento e das condições da linha.

Tabela 11: Contribuição de cada componente de Risco R_2

CONTRIBUIÇÃO DE RISCO R2	
Ra	0,00%
Rb	1,21%
Rc	2,42%
Rm	45,16%
Ru	0,00%
Rv	1,09%
Rw	2,17%
Rz	47,95%

Fonte: Autor próprio

Para R_4 , o risco concentrou-se também em Rm e Rz, totalizando 95,1% do risco total, no qual considera-se as mesmas medidas de proteção apontadas para R_2 . (Ver tabela 12).

Tabela 12: Contribuição de cada componente de Risco R_4

CONTRIBUIÇÃO DE RISCO	
Ra	0,00%
Rb	0,44%
Rc	0,44%
Rm	8,19%
Ru	0,00%
Rv	1,34%
Rw	2,68%
Rz	86,91%

Fonte: Autor próprio

Infere-se que a estrutura precisa de PDA, para isso far-se-á necessário refazer os recálculos para diminuir os riscos e verificar qual é o nível de proteção mais ideal.

3.1.3 Nível de proteção

Através das análises acima é possível saber diretamente onde modificar cada componente para diminuição dos riscos, entretanto é imprescindível que seja verificado qual é o nível de proteção necessário para proteger o sistema.

Nesse sentido, iniciou-se pela classe IV, onde foi modificada a probabilidade P_B de 1(nenhuma proteção) para 0,2 (classe IV), contudo a mudança não foi suficiente para que o novo risco R_1 ($1,54E-4$) ficasse abaixo do risco tolerável. Então foi acrescentando todos os níveis de DPS para somente classe de SPDA IV, porém não foi suficiente para diminuir (ver tabela 13). Então modificou-se para classe III e

DPS tipo I (melhor caso), mesmo assim não foi suficiente. Após mais algumas mudanças na planilha, foi possível chegar à conclusão para o melhor caso, que é para classe de SPDA I para classe de DPS tipo 2 e tipo 1.

Tabela 13: Relação de mudança de classe de SPDA para classe de PDS para diminuição do R_1

Classe do SPDA	Classe do PDS	R_T resultante	Condição $R_T = 1E-5$
IV	Nenhuma proteção	Sem nenhuma proteção	$R_1 > R_T$
IV	III e IV	1,54E-4	$R_1 > R_T$
IV	II	4,47E-5	$R_1 > R_T$
IV	I	3,98E-5	$R_1 > R_T$
III	I	3,81E-5	$R_1 > R_T$
II	I	1,99E-5	$R_1 > R_T$
I	III e IV	1,08E-5	$R_1 > R_T$
I	II	6,91E-6	$R_1 < R_T$
I	I	5,28 E-6	$R_1 < R_T$

Fonte: Autor próprio

As alterações feitas para diminuir o R_1 não foram suficientes para o mesmo propósito em R_2 , era de se esperar, pois como apontado anteriormente, as componentes R_m e R_z dependem principalmente da coordenação de DPS, blindagens espaciais, blindagens de linhas internas e externas, bastou diminuir o valor de P_{SPD} (probabilidade em função do NP para o qual os DPS's foram projetados, esse item tem a probabilidade de reduzir P_C , P_M , P_W e P_Z quando um sistema coordenado de DPS está instalado), para que o R ficasse igual 7,76E-5.

A mesma especificação foi utilizada para diminuir o R_4 , porém não foi o suficiente, sendo necessário alterar o valor de C_{LI} (fator dependente da blindagem, aterramento e condições de isolamento da linha para descargas atmosféricas perto da linha), para que assim o risco diminuísse para 2E-4.

Diante dos resultados apresentados, a necessidade de instalação de SPDA e medidas de proteção para evitar a perda de aparelhos eletroeletrônicos são contempladas para esse projeto.

3.2 IMPLANTAÇÃO DO SPDA

3.2.1 Descrição técnica

3.2.1.1 Subsistema de captação

- Emissora (prédio principal)

A cobertura da emissora é uma cobertura metálica do tipo alumínio, podendo ser usada como componente natural da edificação, pois obedece às condições indicadas na norma, como:

- a) A chapa metálica da estrutura tem 7mm de espessura, ou seja, superior a espessura indicada de 0,65mm, para o caso de não ser importante prevenir a perfuração, pontos quentes ou problemas com ignição.

Dessa forma para a estrutura principal da emissora não é necessário a utilização de nenhum método de subsistema de captação conforme apresentado no trabalho. Porém é necessário proteger as estruturas adjacentes, como a subestação e as torres de antenas, pois ao serem atingidas podem gerar sobretensões através dos fios do tipo coaxial RG6 – Malha 95, pois estes são extremamente vulneráveis a surtos e transientes. Ver apêndice F.

- Subestação

A subestação, além de possuir 3 antenas parabólicas sobre sua estrutura, a mesma, por si só, precisa de proteção, pois ao ser atingida por descargas atmosféricas, rápidas correntes transitórias fluem pelos seus elementos condutores. Estas correntes podem induzir tensões em fios e cabos localizados dentro do volume protegido e podem causar danos e falhas na operação de sistemas elétricos e eletrônicos.

O método mais eficiente para a proteção da subestação é o método da Gayola de Faraday, pois este método é indicado para estrutura com uma grande área horizontal. A figura 2 do apêndice C exemplifica bem a necessidade do uso do método das malhas ao invés do Método Franklin, entretanto pela presença das antenas parabólicas, o método de Franklin é o mais ideal, pois protegerá tanto a estrutura, quanto às antenas. Ver o apêndice C.

Com as dimensões conhecidas, representada no apêndice A e C,

resistividade do solo de 100 Ω . m, obtido pelo técnico de elétrica da emissora, obteve-se o menor custo de instalação e mais prático com dois captosres posicionados. Os dados obtidos encontram-se na tabela abaixo e o posicionamento está na figura do Apêndice C.

Tabela 14: Dados obtidos para os captosres da subestação.

	R_{\min} (m)	R_{base} (m)	α°	Altura do mastro (m)
Captor 1	3,1436	7,523	62 $^{\circ}$	4
Captor 2	3,779	8,24	67 $^{\circ}$	3,5

Fonte: Autor próprio

- Torre da antena

A torre possui 22 metros e abaixo dela existe uma cabine com uma antena parabólica sob sua cobertura, conforme a figura 16 b. A distância da cabine da torre são exatamente 3 m. Baseado nessas informações, o objetivo será aproveitar o SPDA tipo Franklin da torre para proteger a antena parabólica. Dados obtidos para o SPDA na torre segue na tabela 15.

Tabela 15: Dados obtidos para os captosres da torre de antena

	Rmin	Rbase	α°	Altura do mastro (m)
Captor 1	3	5,49	70 $^{\circ}$	1

Fonte: Autor próprio

Os subsistemas de captação das estruturas serão interligados através de condutores de cobre nú # 35 mm², para fechar o subsistema de captação. Os captosres devem ser interconectados ao nível da estrutura para que a divisão da corrente seja assegurada ao menos em dois caminhos, exceto para a torre, que é o suficiente apenas um caminho. O conjunto de abraçadeira – guia reforçada 2”, o conjunto de estaiamento deve ser rígido podendo ser de 3m x 2”, base de 2” para o mastro e conectores de pressão bimetálico na interligação dos captosres são indispensáveis. A localização da torre encontra-se no apêndice E, mas os detalhes da torre poderão ser vista no apêndice D.

3.2.1.2 Subsistema de descida

Por o SPDA ser um projeto externo não isolado, o número de condutores de descida foi baseado na divisão do perímetro das estruturas pela distância dos condutores, dado pela tabela 6. Os dados e resultados obtidos da quantidade de descidas e o comprimento do anel condutor para emissora, subestação e torre de antena, encontram-se na tabela 16. Reiterando que a classe definida para proteção foi de nível 1, resultando no espaçamento de 10 metros entre os condutores.

Tabela 16: Resultados das variáveis obtidas para os condutores de descida

Estruturas	Perímetro (m)	Nº de condutores de descidas	Seção (mm ²)	Configuração	Comprimento do anel em torno do condutor (m)
Emissora	149,45	15	35	Cobre nú (encordoada)	157,45
Subestação	34,4	4	35	Cobre nú (encordoada)	42,4
Torre	N/A	1	35	Cobre nú (encordoada)	N/A

Fonte: Autor próprio

Após o conhecimento dos números preciso, os condutores devem ser instalados de acordo com a norma, em cada vértice da estrutura e a uma distância mínima de 50 cm de portas, janelas e outras aberturas. Como existe nenhuma estrutura adjacente que não seja possível estabelecer uma ligação equipotencial, não foi necessário calcular a distância de segurança do condutor.

O subsistema de descida será composto pelos condutores especificados na tabela 16, contendo isolador simples, abraçadeira de fixação com bucha de náilon, eletroduto de PVC rígido com caixa de inspeção suspensa, de até no mínimo 2,5 m do nível do solo para proteger os condutores de danos mecânicos, e conector de pressão.

A conexão com o subsistema de aterramento será feita através de cabo de cobre nú de 35mm², até as hastes de aterramento com solda exotérmica cabo - haste, conforme os detalhes que a norma exige. As descidas presentes na estrutura,

estão diretamente conectadas a haste tipo Copperweld (alta camada) de 5x8" x 2,4m, conforme o projeto atual.

3.2.1.3 Subsistema de aterramento

Para garantir que a dispersão da corrente de descarga não cause sobretensões perigosas, o arranjo e as dimensões do subsistema são mais relevantes que o próprio valor da resistência de aterramento. A nova norma recomenda a menor resistência possível de aterramento, mas muitos projetistas ainda consideram 10Ω como base. Para este projeto, é necessário que seja feita uma medição no subsistema de aterramento da emissora para assegurar a medição da resistência, pois devido a algumas limitações de instrumentos de medição, não foi possível medir a resistividade da terra, confiando então no técnico da emissora, que fez a medida em outra oportunidade no passado.

Os números de eletrodos devem ser colocados minimamente conectados na extremidade de cada condutor de descida, onde as ligações equipotenciais dos eletrodos podem ser feitas através de cobre nú de 50mm^2 . Para a subestação são necessários no mínimo 4 eletrodos e para emissora são 15 eletrodos. Para o caso das antenas, deve-se ter um cabo de descida ligado da haste da antena a um eletrodo e este último ao anel de aterramento da emissora, para o caso das parabólicas, a blindagem dos cabos coaxiais deve ser aterrada em ambas as extremidades. E, ainda para a extremidade ligada na antena, deve-se ter uma ligação física da blindagem à carcaça aterrada.

Na malha de aterramento atual, a subestação possui uma malha de aterramento, porém por não possuir a subestação, a mesma não possui eletrodos conectadas em condutores de descida, havendo necessidade do mesmo para quando for instalado o SPDA, já a torre não possui aterramento, devendo o mesmo seguir as orientações do parágrafo acima, no mais a malha de aterramento está conforme. Na tabela 17 abaixo pode-se encontrar os resultados para o comprimento mínimo dos eletrodos e o raio médio da área equivalente do círculo abrangido pelo condutor de aterramento em anel circulando a estrutura, e a 1 m desta.

Tabela 17: Resultados das variáveis obtidas para os eletrodutos

Estrutura	Resistividade	Comprimento (L_1)	Raio médio (re)
Emissora	100 Ω .m	5	21,454
Subestação	100 Ω .m	5	6,51

Fonte: Autor próprio

A ligação equipotencial pode ser feita através de cabo de cobre nu encordado de seção igual a 50mm².

Quanto a equipotencialização, calha metálica, armaduras de concreto armado se tiver, condutores de equipotencialização, cabo de terra de fundação, eletrodo de aterramento, quadros de distribuição, telefones devem estar conectados ao barramento de equipotencialização principal (BEP).

Para diminuição de um potencial risco de uma descarga atmosférica em uma estrutura causar falha a sistemas internos é necessário que a linha de energia e rede estejam interligadas ao mesmo barramento de equipotencialização que o equipamento na conexão de entrada.

3.3 PROTEÇÃO DO SISTEMA ELETROELETRÔNICO

No subcapítulo 4.1 (análise de risco), foi comentado que para haver diminuição nos riscos, é imprescindível que haja coordenação de DPS, blindagens espaciais, blindagens de linhas e equipotencialização.

Este subcapítulo destina-se para recomendações voltadas para a coordenação de DPS. Apenas recomendações e não projeto, pois o projeto para o estúdio da emissora de TV exige um estudo muito mais dedicado voltado para as todas as variedades técnicas de DPS's para variedades de equipamentos eletroeletrônicos e de comunicação, haja visto que as instalações elétricas da emissora precisam ser revistas.

O estúdio da emissora possui um conjunto de tecnologias e comunicação (TIC), tais como: modem, roteador, computador, impressoras, scanner, servidor virtual, receptor, televisão conversor, telefone e outros equipamentos muito mais específicos voltado para televisão. Como a emissora possui 24 cômodos, foi feito um levantamento de números de equipamento eletrônicos apenas em alguns cômodos,

tais como: sala de manutenção técnico, switch, master, central técnica, sala do diretor, pós - produção, comercial rádio, locução.

3.3.1 Proteção para elementos externos à estrutura em vista da proteção interna do estúdio

Para proteção interna da estrutura, deve-se proteger os elementos expostos aos raios que através de cabos de energia elétrica e cabo de dados geram sobretensões.

- a) Para o caso do transformador que está conectado a rede.

Para a proteção do transformador, as concessionárias adotam a instalação de para-raios de média tensão (PRMT) no primário do transformador, mas não sendo o suficiente, é necessário que seja instalado outro para-raio no secundário do transformador, denominado para-raios de baixa tensão (PRBT). No transformador conectado à rede do estúdio, o PRMT utilizado é um de corrente nominal de 10kA, então para o PRBT's, como segue a mesma indicação, deve ser instalado um de 10kA.

Os para-raios citados, são DPS cujo elemento principal é um varistor. Na figura 17 é possível ver o poste da concessionária com o transformador e na tabela 18 é possível verificar os modelos mais indicados de PRBT para aplicação em redes 220/127V e 380/220V.

Figura 17: Transformador Trif. (Trafo – 1) 300 KVA, 60 Hz; Primário: 13,8 kV – Secundário: 200/127 V. Conectado à rede com o para-raio instalado apenas no primário.



Autor próprio

Tabela 18- Especificação e modelos de PRBT

Modelos	Tensão Nominal (V)	Máxima tensão de operação contínua (Uc) (V)	Corrente de descarga nominal (I _B) a 8/20us. (A)
PRBT 280V 10kA/ C*	220	280	10k
PRBT 280V 10kA/ I*	220	280	10k
PRBT 280V 20kA/ C	220	280	20k
PRBT 280V 20kA/ I	220	280	20k
PRBT 440V 10kA/ C	380	440	10k
PRBT 440V 10kA/ I	380	440	10k
PRBT 440V 20kA/ C	380	440	20k
PRBT 440V 20kA/ I	380	440	20k

* A letra C se refere a rede convencional (cabos nus) e a letra I a rede isolada (cabos isolados)

b) Para as antenas parabólicas e para o cabo coaxial que sai da antena.

Para a proteção das 5 antenas parabólicas e para cabo coaxial de radio que sai da torre de antena, é necessário que sejam instalados DPS classe I, de preferência o de 812.X.050 para linha coaxial localizada em áreas externas (ZPR 0_B). Esse DPS é Ideal para proteção de rádios de telefonia celular rural fixa, rádios

monocanal e multiacesso, equipamentos transmissores e receptores de sinal em geral. Todos os cabos coaxiais são do tipo RG6 – Malha 95.

Figura 18: DPS 812.X.050 do fabricante Clamper, tecnologia de centelhador a gás (GDT).



Fonte: Autor próprio

3.3.2 Proteção dos elementos internos da estrutura

De acordo com o diagrama unifilar do estúdio da TV em tempo no anexo A o estúdio tem um quadro de distribuição geral (QGBT) e outros 10 quadros secundários: QDAC, QDFL-1, QDFL-2, QGE, SQE-2, SQE-3, SQE-4, SQE-5, SQE-6, SQE-7.

Todos esses quadros de distribuição precisam de DPS, na tabela 19 é possível localizar os DPS correspondentes aos quadros.

Tabela 19 – Modelos de DPS indicados para quadros de distribuição correspondentes.

Quadro	Classe	Tensão de Circuito aberto Voc (1,2/50µs)	Corrente de impulso I_{imp} (10/350µs)	Corrente máxima de descarga I_{max} (8/20 µs)	Corrente nominal de descarga I_n (8/20µs)	Modelo (1 por fase)
QGBT	I/II	NA	12,5kA	60kA	30kA	VCL 275 V 12,6/60kA Slim
QDAC	II	275 – 350 V	12,5kA	20KA	10kA	VCL 275V 20kA
QDFL-1						
QDFL-2						
QGE						
SQE-2						
SQE-3						
SQE-4						
SQE-5						
SQE-6						
SQE-7						

Para a proteção dos equipamentos eletrônicos existentes, deverão ser conectados DPS do tipo classe III, que é normalmente usado imediatamente a montante do equipamento a ser protegido.

Para consulta dos mesmos e de DPS de outras classes, pode-se consultar o catálogo da Clamper para identificação dos principais parâmetros dos DPS utilizados nas linhas de telecomunicações, de comunicação de dados e também os de Multiproteção, pois os mesmos são identificados por nomes genéricos.

As tabelas 20, 21, 22 mostram os modelos de DPS referentes aos equipamentos presentes na emissora.

Tabela 20: Modelos de DPS do fabricante Clamper indicados para aplicação em equipamentos elétricos

Equipamentos	Qtde	Modelo genérico de DPS	Qtde
Televisão	8	iClamper Energia ou Multi-Energia, depende da quantidade dos aparelhos encontrados no cômodo.	8
Carregador de bateria	8		8
Monitor PC	21		21
CPU	21		21
Impressora	2		2
Caixa de som	2		2
Monitor de vídeo	4		4
Monitor de vídeo Tubo	1		1
Mesa de Iluminação	2		2
VT	1		1
Nobreak	5		5
Mesa de áudio	1		1
Monitor de fone	1		1
Monitor de áudio	1		1
Hibrida	1		1
Comunicação Kroma TP 6008	2		2
Comunicação Clear c/ MS-232	1		1
Mesa Yamaha 5 canais	1		1
CCU's	1		1
Tecktronix	1		1
K2 SD II Leitor Media HD	1		1
Swicther	1		1
Matrix (Kroma)	1		1
K2	1		1
Power Ed	1		1
VDI 20/ ORAD Tektronix	1		1
Swicher 2626	1		1
Intelbras Switch	1		1
Black Boy (conversor de midia de sinal dado em em vídeo)	1		1
Acappella (Reserva do master)	1		1
Gecko Flex Tx (2 fontes)	1		1
Aja Fido TR	1		1
Grecko 8900 Signal Management System (2 fontes)	1	1	
Wellan (Receptor)	1	1	

Tabela 21: Modelos de DPS do fabricante Clamper indicados para aplicação em equipamentos de telefone

Equipamento	Qtde	Modelo genérico de DPS	Qtde de DPS
Aparelho telefônico	7	Clamper Tel	7
Modem telefônico	3	Clamper Cabo	3

Tabela 22: Modelos de DPS indicados para aplicação em equipamentos de sinal

Equipamento	Qtde	Modelo genérico de DPS	Qtde de DPS
Conversor NET	2	Clamper Cabo	2
Conversor digital Aquaro	1	Clamper Cabo	1
Modem telefônico	3	Clamper Cabo	3
Receptor de TV digital	3	Clamper Cabo + MP+N	3
Receptor EKOTECH	1	Clamper Cabo + MP+N	1
Conversor MERIDIAN TECHNOLOGIES	1	Clamper Cabo + MPN	1
Receptor Am-03	1	Clamper Cabo	1
Wellan (Receptor)	1	Clamper Cabo	1

Para a proteção específica de linhas de telecomunicações, devem ser instalados DPS no Distribuidor Geral (DG) de telecomunicações do estúdio, na tabela 23, localiza-se os modelos utilizados nas redes de telecomunicações (PAULINO et al., 2016).

Tabela 23: Modelos indicados para aplicação nas linhas de telecomunicações na entrada da edificação DPS para instalação no Distribuidor Geral (DG).

Aplicação	Modelo	Quantidade
Linha Telefônica	MP-R regenerável	01 por linha
Linha ADSL/VDSL	MP-N	01 por linha
Cabo Coaxial	812.X.050	01 por cabo coaxial

Para que um sistema de DPS seja coordenado, é necessário que todos os DPS sejam utilizados de um mesmo fabricante, como verificado, utilizou-se o fabricante Clamper. A tabela 24 mostra uma média do valor necessário para instalar os DPS nos equipamentos dos cômodos discriminados anteriormente, um valor minimamente inferior ao comparar com o valor médio de R\$ 3 milhões, custo do valor dos equipamentos eletrônicos e de telecomunicação informado pelo engenheiro responsável.

Tabela 24: Orçamento total do preço dos DPS necessários para proteção do estúdio.

Modelo	Qtde	Preço Unitário	Preço Total
VCL 275 V 12,6/60kA Slim	6	196,9	1181,4
VCL 275V 20kA Slim	30	35,9	1077
iClamper energia (2 tomadas)	49	35	1715
iClamper tel	10	44,9	449
iClamper cabo	12	55	660
Total			5082,24

CONCLUSÕES

Avalia-se que foi possível projetar a proteção da estrutura e equipamentos eletroeletrônicos do estúdio da emissora através de um PDA, no qual obedeceu-se a norma NBR 5419/15.

A partir do gerenciamento de risco foi verificado que o estúdio da emissora precisa de proteção para diminuir os riscos R_1 , R_2 e R_4 , pois todos apresentam-se abaixo dos riscos toleráveis. De acordo com a análise do gerenciamento de risco, a estrutura não estará protegida somente com a implantação do SPDA, mas que precisará de coordenação de DPS, blindagens espaciais, blindagens de linhas internas e externas, medidas de proteção contra incêndio, para proteção das pessoas e estrutura, mas principalmente para proteção dos equipamentos internos.

Quanto ao projeto de SPDA, não foi possível estabelecer um subsistema de captação para o estúdio, pois o mesmo já possui um captor natural de cobertura de telha de alumínio, entretanto para a proteção das estruturas adjacentes constatou-se que foi primordial que sejam protegidas por SPDA e DPS classe I, para evitar que haja centelhamentos e sobretensões de energia elétrica por meio dos cabos que são coaxiais. Para o subsistema de aterramento e de descida, foram seguidos procedimentos comuns normatizados pela NBR 5419/15.

No que se trata a proteção dos equipamentos internos, no trabalho apresentado foi abordado apenas à coordenação de DPS, onde mostrou-se notoriamente que os investimentos nas instalações desses dispositivos são muito pequenos diante do prejuízo que as ausências desses dispositivos causam. Nesse âmbito, fica a sugestão para trabalhos futuros que seja feito um estudo dedicado às outras medidas de proteção contra surtos de equipamentos eletroeletrônicos e de telecomunicações, explorando com exemplos práticos abordados através de imagens ilustrativas, visto que esse assunto no Brasil ainda não é abordado com tal abrangência e seriedade.

Sem dúvida, a NBR 5419/15 trouxe mudanças muito positivas para o setor elétrico, exigindo cada dia mais qualificação mais técnicas dos projetistas e ferramentas como softwares, pois apesar de mais completa, agora ela é mais complexa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5419**: Proteção contra descargas atmosféricas - Parte 1: Princípios Gerais. Rio de Janeiro: 2015

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5419**: Proteção contra descargas atmosféricas - Parte 2: Gerenciamento de risco. Rio de Janeiro: 2015

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5419**: Proteção contra descargas atmosféricas - Parte 3: Danos físicos a estruturas e perigos à vida. Rio de Janeiro: 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5419**: Proteção contra descargas atmosféricas - Parte 4: Sistemas elétricos e eletrônicos internos. Rio de Janeiro: 2015

CREDER, Hélio. **Instalações Elétricas**. 15 ed. Rio de Janeiro: LTC, 2011.

FILHO, Mamede Joao. **Instalações Elétricas Industriais**. 9 ed. Rio de Janeiro: LTC2, 2017.j

PAULINO, José Osvaldo Saldanha et al. **Proteção de equipamentos elétricos e eletrônicos contra surtos elétricos em instalações**. Lagoa Santana: Clamper, 2016. 258 p. Disponível em: <<http://pv.clamper.com.br/index.php?r=download-livro-clamper/create>>. Acesso em: 8 jun. 2018.

SILVA, Paulo de Souza. **Curso Básico: SPDA estrutural e não estrutural**. Amazon Consultoria, Manaus, 2017.

SOUZA, Ingrid Fernandes Moraes. **Estudo da Norma ABNT 5419/2015 com estudo de Caso no antigo prédio do Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas**. 2016. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia elétrica) Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2016. Disponível em: <<http://monografias.poli.ufrj.br/monografias/monopoli10018638.pdf>>. Acesso em: 03 maio.2017.

VERDÉLIO, Andreia. Inpe: mortes por raios aumentam na Região Norte por causa do aquecimento global. **Agência Brasil**, Brasília, 23 out. 2017. Disponível em: <<http://agenciabrasil.ebc.com.br/geral/noticia/2015-10/mortes-por-raios-aumentam-na-regiao-norte>>. Acesso em: 10 mar. 2017.

Website do Instituto Nacional de Pesquisas Espacial – INPE. Disponível em: <http://www.inpe.br/webelat/homepage/>- Acesso em 9/03/2017.

FONTES CONSULTADAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5410:** Instalações elétricas de baixa tensão. Rio de Janeiro: 2015

ARAÚJO, Marcel Araújo Ayres de. **Projeto de um Sistema de Proteção contra Descargas Atmosféricas para uma linha de transmissão de 69 kV.** 2010. 119 f. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em engenharia elétrica)-Universidade de São Paulo, São Carlos, 2010. Disponível em: <http://www.tcc.sc.usp.br/tce/disponiveis/18/180500/tce-18112011-093114/publico/Araujo_Marcel_Ayres_de.pdf>. Acesso em: 8 mar. 2017.

JR., Francisco Gonçalves. **E-book: Nova NBR 5419: ambientação e aplicação em projetos de SPDA.** Disponível em: <<http://pages.rdstation.com.br/download-ebook-nbr-5419-spda>>. Acesso em: 23 mar. 2017.

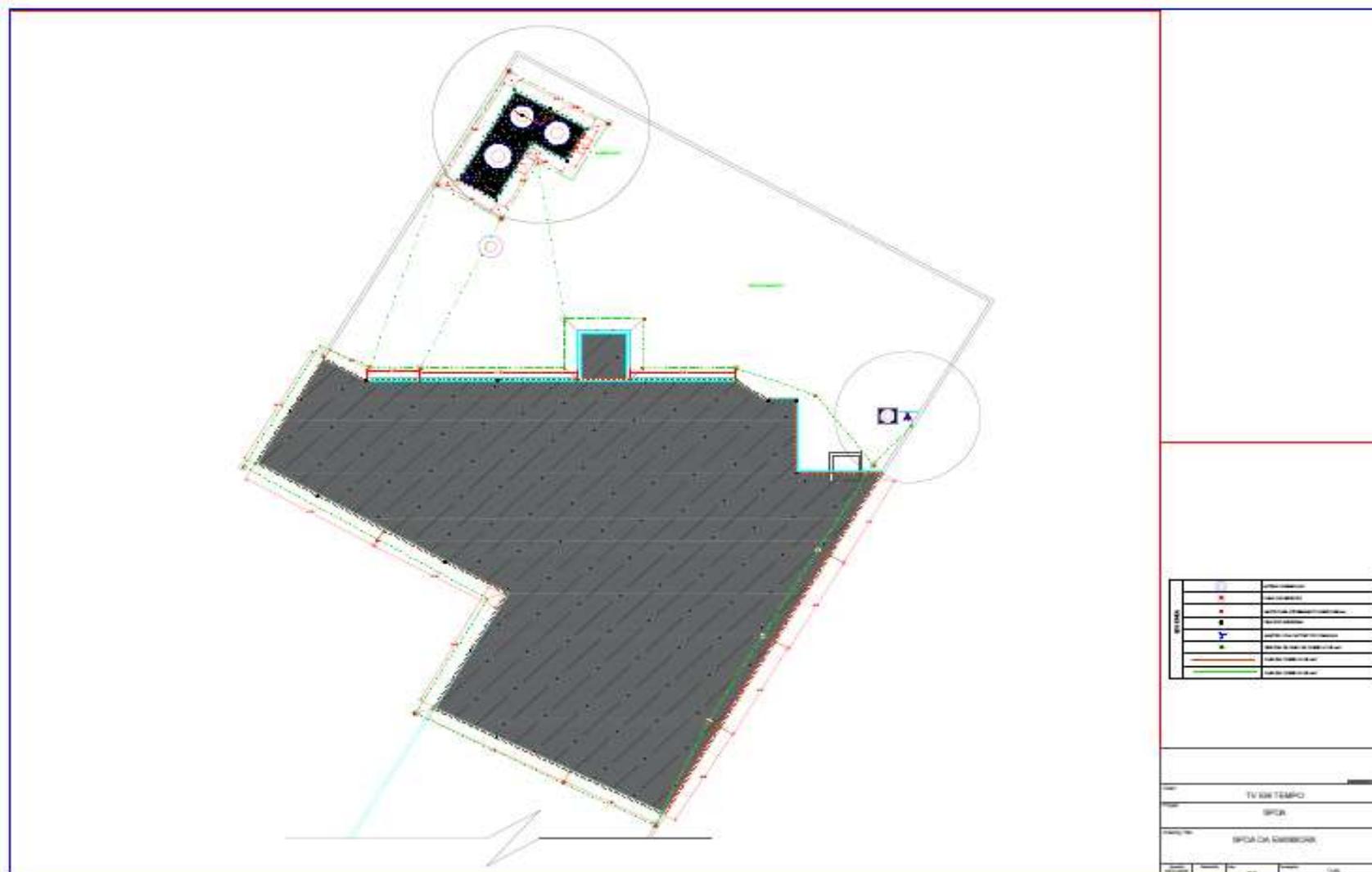
PEDRO AUGUSTO FURASTÉ. **Normas Técnicas para o Trabalho Científico e Formatação, Explicitação das Normas Da Abnt.** 16 ed. PORTO ALEGRE: BRASIL LTDA, 2012.

SHIMOMOTO, ÉRICA KIDO. **Transporte Seguro de cargas direcionadas de alto valor agregado em ambientes fechados.** 2014. 25 f. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia de Controle e Automação)-universidade do estado do amazonas, Manaus, 2014. Disponível em: <<https://docs.google.com/viewer?a=v&pid=sites&srcid=dWVhLmVkdS5icnxwY3Njc2l0ZXxneDoxYzZjMGQzYzAwYjJkZDM4>>. Acesso em: 6 mar. 2017.

STÉFANI, Rodrigo Bernardino de. **Metodologia de Projeto de Sistema de Proteção contra Descargas Atmosféricas para edifício residencial.** 2011. 53 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia elétrica)-Universidade de São Paulo, São Carlos, 2011. Disponível em: <http://www.tcc.sc.usp.br/tce/disponiveis/18/180500/tce-30032012-113539/publico/Stefani_Rodrigo_Verardino_de.pdf>. Acesso em: 8 mar. 2017.

SUETA, Hélio. Mais complexa e mais segura. **Potência.** São Paulo; n. 115, jul. 2015. p. 8-11. Disponível em: <http://revistapotencia.com.br/download/revista/entrevista-115.pdf?utm_source=revista&utm_medium=portal&utm_campaign=edicao-115>. Acesso em: 22 abr. 2017.

APÊNDICE A. PLANTA BAIXA GERAL AUTOCAD



APÊNDICE B. CÁLCULO DA ANÁLISE DE RISCO

1. INTRODUÇÃO

O presente trabalho tem por finalidade descrever o processo de avaliação dos riscos para elaboração do projeto de construção de um Sistema de Proteção Contra Descargas Atmosférica (SPDA), elaborado de acordo com a norma NBR 5419/2015

2. DADOS DA EDIFICAÇÃO

Tipo de Estrutura	<i>Prédio com estrutura em alvenaria e piso cerâmico</i>	Atividade:	<i>Residencial</i>		
Localização Relativa:	<i>Estrutura cercado por objeto da mesma altura ou mais baixo</i>	Tempo de exposição (tz) (hs)		<i>8.760</i>	
<i>Número de possíveis pessoas em perigo (vítima e usuários na zona considerada Z1 externa) (n_z)</i>				<i>200</i>	
<i>Número total de pessoas esperado (usuários atendidos) na zona considerada Z2 interna (n_t)</i>				<i>200</i>	
DADOS RELEVANTES DA EDIFICAÇÃO					
EDIFICAÇÃO		COMPRIMENTO (m)	LARGURA (m)	ALTURA (m)	ÁREA (m ²)
Prédio Residencial de 1 andar		36,15	40	5	1446
Área Adjacente ao prédio (A_{dj})		9	6,7	3,7	795,72

3. DADOS DO PROJETO

3.1 ÁREA DE EXPOSIÇÃO EQUIVALENTE PARA UMA ESTRUTURA RETANGULAR

Área de exposição equivalente (A_D) correspondente do plano da estrutura prolongada em todas as direções, de modo a levar em conta sua altura. Os limites da área de exposição equivalente estão afastados do perímetro da estrutura por uma distância correspondente à 3 vezes da altura da Estrutura no ponto considerado e pode ser calculado pela fórmula:

$$A_d = 4.437,00$$

3.2 ÁREA DE EXPOSIÇÃO COM FORMA COMPLEXA

$$A''_d = 0$$

3.3 ÁREA DE EXPOSIÇÃO EQUIVALENTE PARA DESCARGA ATMOSFÉRICA PERTO DA ESTRUTURA

Área de exposição equivalente A_M que se estende a uma linha localizada a uma distância de 500m do perímetro da estrutura em estudo

$$A_m = 861.150,00$$

3.4 CLASSIFICAÇÃO DA ESTRUTURA

Nível de Densidade de descargas Atmosférica para a terra (www.inpe.gov.br) **16**, /km².ano

4. RISCO DE PERDA DE VIDA HUMANA (R1)

proteção:

3

Tipo de danos associados à estrutura e que devem ser avaliados:

- a) D1: Ferimentos aos seres vivos
- b) D2: Danos físicos
- c) D3: Falhas de sistemas eletroeletrônico

Condições do projeto		
Projeto com Risco de Explosão?		NÃO
Existe atendimento ao público?		SIM
Haverá perda de patrimônio cultural?		NÃO
Projeto com perda de animais?		NÃO
Haverá avaliação econômica?		SIM

Tipo de perdas associados à estrutura e que devem ser avaliados:

- a) L1: Perda de Vida Humana(Incluindo ferimentos) Risco Tolerável (RT) **1,0E-05**
- b) L2: Perda de Serviço ao público Risco Tolerável (RT) **1,0E-03**
- c) L3: Perda de Patrimônio Cultural Risco Tolerável (RT) **1,0E-04**
- d) L4: Perda de Patrimônio Cultural (Estrutura, conteúdo e perdas das atividades)

3.5 COMPONENTES DE RISCOS CONSIDERADOS PARA CADA PERDA NA ESTRUTURA DEVIDO A UM EVENTO

Fonte de Danos	Descarga Atmosférica na Estrutura (S1)			Descarga Atmosférica perto da Estrutura (S2)	Descarga Atmosférica em uma linha conectada (S3)			Descarga Atmosférica perto de uma linha conectada (S4)
	Ra	Rb	Rc		Rm	Ru	Rv	
R1: Risco de perda de vida humana	X	x			x	x		
R2: Risco de perda de serviço ao público		x	x	x		x	x	x
R3: Risco de perda de patrimônio cultural								
R4: Risco de perda de valor econômico		x	x	x		x	x	x
# Considerando a estrutura com risco de explosão e para hospitais ou outras estruturas quando a falha dos sistemas internos possam colocar em perigo a vida humana								
* Considerando apenas para perdas de animais								

Os resultados para risco de perda de vida humana (incluindo ferimentos permanentes) levam em consideração os componentes de risco de descargas na estrutura (S1) e próximo desta (S2), e descarga em uma linha conectada a estrutura(S3) e próximo desta (S4).

4.1 COMPONENTE **Ra** (RISCO DE FERIMENTOS A SERES VIVOS CAUSADO POR DESCARGAS NA ESTRUTURA)

Componente relativo a ferimentos aos seres vivos, causados por choque elétrico devido às tensões de toque e passo dentro da estrutura e fora da estrutura, nas zonas até 3m ao redor dos condutores de descidas.

4.1.1 Cálculo de **Nd** (Número de eventos perigosos para a estrutura)

Ng (Densidade de descargas atmosférica para a terra - km ² x ano)	16,30
Ad (Área de exposição equivalente - m ²)	4.437,00
Cd (Fator de Localização) (Tab.A.1)	0,25
Nd = Ng x Ad x Cd x 10⁻⁶ (por ano)	1,81E-02

4.1.2 Cálculo de **Pa** (Probabilidade de uma descarga na estrutura causar ferimentos a seres vivos por choque elétrico)

Pta (Probabilidade de uma descarga causar choque elétrico a seres vivos devidos a tensões de toque e passo) (Tab. B1)	1,00
Pb (Probabilidade de uma descarga na estrutura causar danos físicos) (Tab. B2)	1,00
Pa = Pta x Pb	1,00E+00

4.1.3 Cálculo de **La** (Valores de perdas na zona considerada)

rt (Fator de redução em função do tipo da superfície do solo ou piso) (Tab. C3)	0,001
Lt (Número relativo médio típico de vítimas feridas por choque elétrico devido a um evento perigoso) (Tab.C2/C8)	0,10
nz (Número de pessoas na zona considerada - externa)	200
nt (Número de pessoas consideradas na estrutura-interna)	200
tz (Tempo, durante o qual as pessoas estão presentes nas zonas consideradas) (h/ano)	8.760
La = rt x Lt x (nz/nt) x (tz/8760)	1,00E-04

4.1.4 Cálculo de Ra	Nd	Pa	La
	1,81E-02	1,00E+00	1,00E-04
Ra = Nd x Pa x La (ano)	1,81E-06		

4.2 COMPONENTE **Rb** (RISCO DE DANOS FÍSICOS NA ESTRUTURA CAUSADOS POR DESCARGAS NA ESTRUTURA)

Componentes relativos a danos físicos, causados por centelhamento perigoso dentro da estrutura iniciando incêndio ou explosão, os quais podem também colocar em perigo o meio ambiente.

4.2.1 Cálculo de **Lb** (Valor de perda na zona considerada)

rp (Fator de redução em função das providências tomadas para reduzir as consequências de um incêndio) (Tab. C4)							0,50
rf (Fator de redução em função do risco de incêndio ou explosão na estrutura) (Tab. C5)							1,00E-01
hz (Fator aumentando a quantidade relativa de perda na presença de um perigo especial (Tab. C6)							2,00
Lf (Número relativo médio típico de vítimas feridas por danos físicos devido a um evento perigoso) (Tab.C2/C8)							0,1
nz (Número de pessoas na zona considerada)							200
nt (Número total de pessoas na estrutura)							200
tz (Tempo, durante o qual as pessoas estão presentes na zona considerada)							8.760
Lb = rp x rf x hz x Lf x (nz/nt) x (tz/8760)							1,00E-02
4.2.2 Cálculo de Rb	Nd		Pb		Lb		
	1,81E-02		1,00E+00		1,00E-02		
Rb = Nd x Pb x Lb (ano)	1,81E-04						

4.3 COMPONENTE **Rc** (RISCO DE FALHA DOS SISTEMAS INTERNOS CAUSADO POR DESCARGAS NA ESTRUTURA)

Componente relativo a falhas de sistemas internos, causados por pulsos eletromagnéticos devido às descargas atmosféricas. Perda de serviço ao público pode ocorrer em todos os casos, junto com a perda de vida humana, nos casos de estrutura com riscos de explosão, e hospitais ou outras estruturas onde falhas de sistemas internos possam imediatamente colocar em perigo a vida humana.

4.3.1 Cálculo de **Pc** (Probabilidade de uma descarga na estrutura causar falha a sistemas internos)

	Linha de Energia (E)	Linhas de Telecomunicações (T)
Pspd (Probabilidade em função do NP para o qual os DPS foram projetados) (Tab. B3)	1,00	1,00
Cld (Fator dependendo das condições de blindagem, aterramento e isolamento) (Tab. B4)	1,00	1,00

Pc.E = Pspd.Ex Cld.E	0,00	
Pc.T = Pspd.Tx Cld.T		0,00
Pc = 1 - [(1 - Pc.E)x(1 - Pc.T)]	0,00E+00	
4.3.2 Cálculo de Lc (Valores de perda na zona considerada)		
Lo (Número relativo médio típico de vítimas por falhas de sistemas devido a um evento perigoso) (Tab. C2/C8)		0,01
nz (Número de pessoas na zona considerada - externa)		200
nt (Número de pessoas consideradas na estrutura-interna)		200
tz (Tempo, durante o qual as pessoas estão presentes nas zonas consideradas)(h/ano)		8.760
Lc = Lo x (nz/nt) x (tz/8760)		1,00E-02
4.3.3 Cálculo de Rc		
	Nd	Pc
	1,81E-02	0,00E+00
		Lc
		1,00E-02
Rc = Nd x Pc x Lc (ano)	0,00E+00	
4.4 COMPONENTE Rm (RISCO DE FALHA DOS SISTEMAS INTERNOS CAUSADO POR DESCARGA PERTO DA ESTRUTURA)		
Componentes relativos a falhas de sistemas internos, causados por pulsos eletromagnéticos devido às descargas atmosféricas. Perda de serviço ao público pode ocorrer em todos os casos, junto com a perda de vida humana, nos casos de estrutura com riscos de explosão, e hospitais ou outras estruturas onde falhas de sistemas internos possam imediatamente colocar em perigo a vida humana.		
4.4.1 Cálculo de Nm (Número médio anual de eventos perigosos devido a descargas perto da estrutura)		
Ng (Densidade de descargas atmosférica para a terra - km ² x ano)		16,3
Am (Área de exposição equivalente (m ²) que se estende a uma linha localizada a uma distância de 500 m do perímetro da estrutura)		861.150
Nm = Ng x Am x 10⁻⁶ (por ano)		1,40E+01
4.4.2 Cálculo de Pm (Propabilidade de uma descarga atmosférica perto da estrutura causar falha de sistemas internos)		
	Linha de Energia (E)	Linhas de Telecomunicações (T)

Pspd (Probabilidade em função do NP para o qual os DPS foram projetados) (Tab. B3)	1,00	1,00
Ks1 (Fator relevante á efetividade da blindagem por malha de uma estrutura (nota 2 parte 2))	1,00	1,00
Ks2 (Fator relevante à efetividade da blindagem por malha dos campos internos de uma estrutura)	1,00	1,00
Ks3 (Fator relevante à característica do cabeamento interno (Tab. B5))	0,20	0,20
Uw (Tensão suportável nominal de impulso do sistema a ser protegido(kV)) (Tab. B8)	2,50	1,50
Ks4 (Fator relevante à tensão suportável de inpulso de um sistema (Ks4 = $1/Uw$))	0,40	0,67
Pms = $(Ks1 \times Ks2 \times Ks3 \times Ks4)^2$	0,000E+00	0,000E+00
Pm.E = Pspd.E x Pms.E	0,000E+00	
Pm.T = Pspd.Tx Pms.T		0,00E+00
Pm = $1 - [(1 - Pm.E) \times (1 - Pm.T)]$		0,00E+00
4.4.3 Cálculo de Lm (Valores de perda na zona considerada)		
Lo (Número relativo médio típico de vítimas por falhas de sistemas devido a um evento perigoso) (Tab. C2/C8)		0,01
nz (Número de pessoas na zona considerada - externa)		200
nt (Número de pessoas consideradas na estrutura-interna)		200
tz (Tempo, durante o qual as pessoas estão presentes nas zonas consideradas)(h/ano)		8.760
Lm = $Lo \times (nz/nt)$		0,00E+00
4.4.4 Cálculo de Rm		
	Nm	Pm
	1,40E+01	0,00E+00
Rm = $Nm \times Pm \times Lm$ (ano)	0,00E+00	
4.5 COMPONENTE Ru (RISCO DE FERIMENTOS A SERES VIVOS CAUSADO POR DESCARGAS NA LINHA CONECTADA)		
Componentes relativos a ferimentos aos seres vivos, causados por choque elétrico devido às tensões de toque e passo dentro da estrutura.		
4.5.1 Cálculo de AI (Área de exposição equivalente de descargas para a terra que atingem a linha)		
	Linha de Energia (E)	Linhas de Telecomunicações (T)

LI (Comprimento da secção de linha (m))	200	100
AI = 40 x LI (m ²)	8,00E+03	4,00E+03
4.5.2 Cálculo de NI (Número médio anual de eventos perigosos devido a descargas na linha)		
	Linha de Energia (E)	Linhas de Telecomunicações (T)
Ci (Fator de instalação da linha) (Tab. A2)	0,50	0,50
Ct (Fator tipo de linha) (Tab. A3)	1,00	1,00
Ce (Fator ambiental de linha) (Tab. A4)	0,10	0,10
NI = Ng x AI x Ci x Ce x Ct x 10⁻⁶ (ano)	6,52E-03	3,26E-03
4.5.3 Cálculo de Ndj (Número de eventos perigosos para uma estrutura adjacentes)		
	Linha de Energia (E)	Linhas de Telecomunicações (T)
Adj (Área de expressão equivalente da estrutura adjacente)	795,72	795,72
Cdj (Fator de Localização da estrutura adjacente) (Tab. A1)	0,25	0,25
Ndj = Ng x Adj x Cdj x Ct x 10⁻⁶ (ano)	3,24E-03	3,24E-03
4.5.4 Cálculo de Ptu e Peb		
Ptu (Probabilidade de uma estrutura em uma linha que adentre a estrutura causar choques a seres vivos devido a tensão de toque perigoas) (Tab. B6)	1 , 0 0	
Peb (Probabilidade em função do NP para o qual o DPS foram projetados) (Tab. B7)	1 , 0 0	
4.5.5 Cálculo de Pu (Propabilidade de uma descarga atmosférica em uma linha causar ferimentos a seres vivos por choque elétrico)		
	Linha de Energia	Linhas de Telecomunicação

	(E)	s (T)
Pld (Probabilidade dependendo da resistência R_s da blindagem do cabo e da tensão suportável de impulso U_w do equipamento) (Tab. B8)	1,00	1,00
Cld (Fator dependendo das condições de blindagem, aterramento e isolamento) (Tab. B4)	1,00	1,00
Pu = Ptu x Peb x Pld x Cld	1,00E+00	1,00E+00
4.5.6 Cálculo de Lu (Valores de perda na zona considerada)		
rt (Fator de redução em função do tipo da superfície do solo e do piso) (Tab. C3)		0,001
Lt (Número relativo médio típico de vítimas feridas por choque devido a um evento perigoso) (Tab. C2/C8)		0,10
nz (Número de pessoas na zona considerada - externa)		200
nt (Número de pessoas consideradas na estrutura-interna)		200
tz (Tempo, durante o qual as pessoas estão presentes nas zonas consideradas)(h/ano)		8.760
Lu = rt x Lt x (nz/nt) x (tz/8760)		1,00E-04
4.5.7 Cálculo de Ru		
NL.E	6,52E-03	NI.T
Ndj.E	3,24E-03	Ndj.T
Pu.E	1,00E+00	Pu.T
Lu		1,00E-04
Ru.E = (NL.E+Ndj.E) x Pu.E x Lu	9,76E-07	
Ru.T = (NI.T+Ndj.T) x Pu.T x Lu	6,50E-07	
Ru = Ru.E + Ru.T	1,63E-06	
4.6 COMPONENTE Rv (RISCO DE DANOS FÍSICOS NA ESTRUTURA CAUSADO POR DESCARGA NA LINHA CONECTADA)		
Componentens relativo a danos físicos (incêndio ou explosão iniciados por centelhamentos perigosos entre instalações externas e partes metálicas, geralmente no ponto de entrada das linha da estrutura), devido à corrente da descarga atmosférica transmitida, ou ao longo da linhas)		
4.6.1 Cálculo de Pv (Probabilidade de uma descarga em uma linha causar danos físicos)		
	Linha de Energia (E)	Linhas de telecomunicações (T)

								Energia (E)	Telecomunicações (T)
Pspd (Probabilidade em função do NP para o qual os DPS foram projetados) (Tab. B3)								1,00	1,00
Pld (Probabilidade dependendo da resistência Rs da blindagem do cabo e da tensão suportável de impulso Uw do equipamento) (Tab. B8)								1,00	1,00
Cld (Fator dependendo das condições de blindagem, aterramento e isolamento) (Tab. B4)								1,00	0,30
Pw = Pspd x Pld x Cld								0,00E+00	0,00E+00
4.7.2 Cálculo de Lw (Valores de perda na zona considerada)									
Lo (Número relativo médio típico de vítimas por falhas de sistema interno devido a um evento perigoso) (Tab. C2/C8)								0,01	
nz (Número de pessoas na zona considerada - externa)								200	
nt (Número de pessoas consideradas na estrutura-interna)								200	
tz (Tempo, durante o qual as pessoas estão presentes nas zonas consideradas) (h/ano)								8.760	
Lw = Lo x (nz/nt) x (tz/8760)								0,00E+00	
4.7.3 Cálculo de Rw									
				NL.E	6,52E-03		NI.T	3,26E-03	
				Ndj.E	3,24E-03		Ndj.T	3,24E-03	
				Pw.E	0,00E+00		Pw.T	0,00E+00	

	Lw	0 , 0 0 E + 0 0
Rw.E = (Nl.E+Ndj.E) x Pw.E x Lw	0,00E+ 00	
Ru.T = (Nl.T+Ndj.T) x Pw.T x Lw	0,00E+ 00	
Rw = Rw.E +Rw.T	0,00E +00	

4.8 COMPONENTE **Rz** (RISCO DE FALHAS DOS SISTEMAS INTERNAS CAUSADO POR DESCARGAS PERTO DA LINHA)

Componentes relativo a falhas dos sistemas internos, causados por sobretensões induzidas nas linhas que entram na estrutura e transmitidas a esta. Perdas de serviços ao público pode ocorrer em todos os casos junto a perda de vida humana, nos casos de estruturas com risco de explosão, e hospitais ou outras estruturas onde falhas de sistemas internos possam imediatamente colocar em perigo a vida humana.

4.8.1 Cálculo de **AI** (Área de exposição equivalente de descargas a terra que atingem perto da linha)

									Linha de Energia (E)	Linhas de Telecomunicações (T)
LI (Comprimento da secção de linha (m))									200	100
AI = 4000 x LI (m ²)									8,00E+05	4,00E+05

4.8.2 Cálculo de **Ni** (Número médio anual de eventos perigosos devido a descarga perto da linha)

									Linha de Energia (E)	Linhas de Telecomunicações (T)
Ci (Fator de instalação da linha) (Tab. A2)									0,50	0,50
Ct (Fator tipo de linha) (Tab. A3)									1,00	1,00
Ce (Fator ambiental de linha) (Tab. A4)									0,10	0,10

$Ni = Ng \times Al \times Ci \times Ce \times Ct \times 10^{-6}$ (ano)	6,52E-01	3,26E-01	
---	----------	----------	--

4.8.3 Cálculo de Pz (Probabilidade de uma descarga perto da linha conectada à estrutura causar falhas a sistemas internos)			
	Linha de Energia (E)	Linhas de Telecomunicações (T)	
Pspd (Probabilidade em função do nível de proteção para o qual os DPS foram projetados) (Tab. B3)	1,00	1,00	
Pli (Probabilidade dependendo da falha de sistemas internos devido a uma descarga perto da linha conectada dependendo das características da linha dos equipamentos) (Tab. B9)	0,3	0,5	
Cli (Fator dependendo das condições de blindagem, aterramento e isolamento) (Tab. B4)	1	1	
Pz = Pspd x Pld x Cld	0,00E+00	0,00E+00	
4.8.4 Cálculo de Lz (Valores de perda nas zona considerada)			
Lo (Número relativo médio típico de vítimas por falhas de sistemas devido a um evento perigoso) (Tab. C2/C8)		0,01	
nz (Número de pessoas na zona considerada - externa)		200	
nt (Número de pessoas consideradas na estrutura-interna)		200	
Lz = Lo x (nz/nt)		1,00E-02	

4.8.5 Cálculo de Rz	Ni.E	6,52E-01	Ni.T	3,26E-01
	Pz.E	0,00E+00	Pz.T	0,00E+00
	Lz	1,00E-02		
Rz.E = (Ni.E x Pz.E x Lz)	0,00E+00			
Rz.T = (Ni.T x	0,00E+			

Pz.T x Lz)	00
Rz = Rz.E + Rz.T	0,00E +00

4.9 COMPONENTE **R1** (RISCO DE PERDA DE VIDA HUMANA (INCLUÍDO FERIMENTO PERMANENTE))

O risco R1 é um valor relativo a uma provável perda anual média, calculado a partir da soma dos componentes de risco citados.

RESULTADO		COMPONENTES DE RISCOS									
		S1			S2	S3			S4	(Ra + Rb + Ru + Rv)	
		Ra	Rb	Rc	Rm	Ru	Rv	Rw	Rz		
		1,81E-06	1,81E-04	0,00E+00	0,00E+00	1,63E-06	1,17E-04	0,00E+00	0,00E+00	3,01E-04	
R1 = Ra + Rb + Rc + Rm + Ru + Rv + Rw + Rz										3,01E-04	
RT (RISCO TOLERÁVEL)										1,00E-05	
R1 > RT		A ESTRUTURA NECESSITA DE PROTEÇÃO SEGUNDO A NBR 5419-2015									
JÁ EXISTE UM SPDA INSTALADO NA ESTRUTURA?					NÃO	ANALISAR (Ra+Rb+Ru+Rv)					
(Ra+Rb+Ru+Rv) > RT					INSTALAR UM SPDA ADEQUADO						
(Ra +Rb) ≥ RT					INSTALAR UM TIPO DE SPDA ADEQUADO						
CONTRIBUIÇÃO DE RISCO		SELEÇÃO DAS MEDIDAS DE PROTEÇÃO (DADOS MANUAL FEITO PELO PROJETISTA)									
Ra	0,60%	O risco R1 está concentrado nos componentes de risco Rb e Rv, devido aos riscos de falha no sistemas internos causados por descargas na estrutura e na linha conectada totalizando 99,01 % do risco total. Esses componentes dominantes podem ser reduzidos através da implantação de medidas de proteção a seguir:									
Rb	59,99%										
Rc	0,00%										
Rm	0,00%	1) Prover medidas de proteção através da instalação de um SPDA Nível III de acordo NBR 5419-2015									
Ru	0,54%	2) Prover medidas de proteção coordenadas por DPS na entrada									
Rv	38,87%	3) Prover medidas de proteção interligação equipotencial de descargas atmosféricas na entrada									
Rw	0,00%	4) Prover medidas de combate ou detecção de incêndio									
Rz	0,00%										

Observação: Recalcular os novos valores dos componentes de riscos para tornar o risco R < RT

5. RISCO DE PERDA DE SERVIÇO AO PÚBLICO (R2)

Os resultados para risco de perda de serviço ao público levam em consideração os componentes de risco de descargas na estrutura (S1) e próximo desta (S2), e descarga em uma linha conectada a estrutura(S3) e próximo desta (S4).

5.1 COMPONENTE **Rb** (RISCO DE DANOS FÍSICOS NA ESTRUTURA CAUSADOS POR DESCARGAS NA ESTRUTURA)

Componentes relativos a danos físicos, causados por centelhamento perigoso dentro da estrutura iniciando incêndio ou explosão, os quais podem também colocar em perigo o meio ambiente.

5.1.1 Cálculo de **Nd** (Número de eventos perigosos para a estrutura)

Ng (Densidade de descargas atmosférica para a terra - $\text{km}^2 \times \text{ano}$)	16,30
Ad (Área de exposição equivalente - m^2)	4.437,00
Cd (Fator de Localização) (Tab.A.1)	0,25
Nd = Ng x Ad x Cd x 10⁻⁶ (por ano)	1,81E-02

5.1.2 Cálculo de **Lb** (Valor de perda na zona considerada)

rp (Fator de redução em função das providências tomadas para reduzir as consequências de um incêndio) (Tab. C4)	0,50
rf (Fator de redução em função do risco de incêndio ou explosão na estrutura) (Tab. C5)	0,1
Lf (Número relativo médio típico de vítimas feridas por danos físicos devido a um evento perigoso) (Tab.C2/C8)	0,1
nz (Número de pessoas na zona considerada)	200
nt (Número total de pessoas na estrutura)	200
Lb = rp x rf x Lf x (nz/nt)	5,00E-03

5.1.3 Cálculo de Rb	Nd	Pb	Lb
	1,81E-02	1,00E	5,00E-03

		+0 0	
Rb = Nd x Pb x Lb (ano)	9,04E-05		
<p>5.2 COMPONENTE Rc (RISCO DE FALHA DOS SISTEMAS INTERNOS CAUSADO POR DESCARGAS NA ESTRUTURA)</p> <p>Componente relativo a falhas de sistemas internos, causados por pulsos eletromagnéticos devido às descargas atmosféricas. Perda de serviço ao público pode ocorrer em todos os casos, junto com a perda de vida humana, nos casos de estrutura com riscos de explosão, e hospitais ou outras estruturas onde falhas de sistemas internos possam imediatamente colocar em perigo a vida humana.</p> <p>5.2.1 Cálculo de Pc (Probabilidade de uma descarga na estrutura causar falha a sistemas internos)</p>			
		Linha de Energia (E)	Linhas de Telecomunicações (T)
Pspd (Probabilidade em função do NP para o qual os DPS foram projetados) (Tab. B3)		1,00	1,00
Cld (Fator dependendo das condições de blindagem, aterramento e isolamento) (Tab. B4)		1,00	1,00
Pc.E = Pspd.Ex Cld.E		1,00	
Pc.T = Pspd.Tx Cld.T			1,00
Pc = 1 - [(1 - Pc.E)x(1 - Pc.T)]		1,00E+00	
5.2.2 Cálculo de Lc (Valores de perda na zona considerada)			
Lo (Número relativo médio típico de vítimas por falhas de sistemas devido a um evento perigoso) (Tab. C8)			0,01
nz (Número de pessoas na zona considerada - externa)			200
nt (Número de pessoas consideradas na estrutura-interna)			200
Lc = Lo x (nz/nt)			1,00E-02
5.2.3 Cálculo de Rc			
	Nd	Pc	Lc
	1,81E-02	1,00E+00	1,00E-02
Rc = Nd x Pc x Lc (ano)	1,81E-04		
5.3 COMPONENTE Rm (RISCO DE FALHA DOS SISTEMAS INTERNOS CAUSADO POR DESCARGA PERTO DA ESTRUTURA)			

Componentes relativos a falhas de sistemas internos, causados por pulsos eletromagnéticos devido às descargas atmosféricas. Perda de serviço ao público pode ocorrer em todos os casos, junto com a perda de vida humana, nos casos de estrutura com riscos de explosão, e hospitais ou outras estruturas onde falhas de sistemas internos possam imediatamente colocar em perigo a vida humana.

5.3.1 Cálculo de **Nm** (Número médio anual de eventos perigosos devido a descargas perto da estrutura)

Ng (Densidade de descargas atmosférica para a terra - $\text{km}^2 \times \text{ano}$)	16,3
Am (Área de exposição equivalente (m^2) que se estende a uma linha localizada a uma distância de 500 m do perímetro da estrutura)	861.150
Nm = Ng x Am x 10⁻⁶ (por ano)	1,40E+01

5.3.2 Cálculo de **Pm** (Propabilidade de uma descarga atmosférica perto da estrutura causar falha de sistemas internos)

	Linha de Energia (E)	Linhas de Telecomunicações (T)
Pspd (Probabilidade em função do NP para o qual os DPS foram projetados) (Tab. B3)	1,00	1,00
Ks1 (Fator relevante à efetividade da blindagem por malha de uma estrutura (nota 2 parte 2))	1,00	1,00
Ks2 (Fator relevante à efetividade da blindagem por malha dos campos internos de uma estrutura)	1,00	1,00
Ks3 (Fator relevante à característica do cabeamento interno) (Tab. B5)	0,20	0,20
Uw (Tensão suportável nominal de impulso do sistema a ser protegido(kV)) (Tab. B8)	2,50	1,50
Ks4 (Fator relevante à tensão suportável de impulso de um sistema ($\text{Ks4} = 1/\text{Uw}$))	0,40	0,67
Pms = (Ks1 x Ks2 x Ks3 x Ks4)²	6,400E-03	1,778E-02
Pm.E = Pspd.E x Pms.E	6,400E-03	
Pm.T = Pspd.Tx Pms.T		1,78E-02
Pm = 1 - [(1 - Pm.E)x(1 -Pm.T)]	2,41E-02	

5.3.3 Cálculo de **Lm** (Valores de perda na zona considerada)

Lo (Número relativo médio típico de vítimas por falhas de sistemas devido a um evento perigoso) (Tab. C8)	0,01
nz (Número de pessoas na zona considerada - externa)	200
nt (Número de pessoas consideradas na estrutura-	200

interna)										
tz (Tempo, durante o qual as pessoas estão presentes nas zonas consideradas)(h/ano)										8.760
Lm = Lo x (nz/nt)										1,00E-02
5.3.4 Cálculo de Rm				Nm			Pm		Lm	
				1,40E+01			2,41E-02		1,00E-02	
Rm = Nm x Pm x Lm (ano)				3,38E-03						
5.4 COMPONENTE Rv (RISCO DE DANOS FÍSICOS NA ESTRUTURA CAUSADO POR DESCARGAS NA LINHA CONECTADA)										
Componentes relativo a danos físicos (incêndio ou explosão iniciados por centelhamentos perigosos entre instalações externas e partes metálicas, geralmente no ponto de entrada das linha da estrutura), devido à corrente da descarga atmosférica transmitida, ou ao longo da linhas)										
5.4.1 Cálculo de Pv (Probabilidade de uma descarga em uma linha causar danos físicos)										
						Linha de Energia (E)		Linhas de Telecomunicações (T)		
Pld (Probabilidade dependendo da resistência R_s da blindagem do cabo e da tensão suportável de impulso U_w do equipamento) (Tab. B8)						1,00		1,00		
Cld (Fator dependendo das condições de blindagem, aterramento e isolamento) (Tab. B4)						1,00		1,00		
Pv = Peb x Pld x Cld						1,00E+00		1,00E+00		
5.4.2 Cálculo de Lv (Valores de perdas nas zonas consideradas)										
rp (Fator de redução em função das providências tomadas para reduzir as consequências de um incêndio) (Tab. C4)										0,50
rf (Fator de redução em função do risco de incêndio ou explosão na estrutura) (Tab. C5)										0,1
Lf (Número relativo médio típico de vítimas feridas por danos físicos devido a um evento perigoso) (Tab. C8)										0,1
nz (Número de pessoas na zona considerada - externa)										200
nt (Número de pessoas consideradas na estrutura-interna)										200
Lv = rp x rf x Lf x (nz/nt)										5,00E-03

5.4.3 Cálculo de Rv	NL.E	6,52E-03	Nl.T	3,26E-03
	Ndj.E	3,24E-03	Ndj.T	3,24E-03
	Pv.E	1,00E+00	Pv.T	1,00E+00
	Lv			5,00E-03
	Rv.E = (NL.E+Ndj.E) x Pv.E x Lv		4,88E-05	
	Rv.T = (Nl.T+Ndj.T) x Pv.T x Lv		3,25E-05	
	Rv = Rv.E +Rv.T		8,13E-05	

5.5 COMPONENTE **Rw** (RISCO DE FALHA DOS SISTEMAS INTERNOS CAUSADO POR DESCARGAS NA LINHA CONECTADA)

Componentes relativo a falhas de sistemas internos, causados por sobretensões induzidas nas linhas que entram na estrutura e transmitidas a esta. Perdas de serviços ao público pode ocorrer em todos os casos junto a perda de vida humana, nos casos de estrutura com riscos de explosão, e hospitais ou outras estruturas onde a falhas de sistemas internos possam imediatamente colocar em perigo a vida humana.

5.5.1 Cálculo de **Pw** (Probabilidade de uma descarga em uma linha causar falhas a sistemas internos)

	Linha de Energia (E)	Linhas de Telecomunicações (T)
Pspd (Probabilidade em função do NP para o qual os DPS foram projetados) (Tab. B3)	1,00	1,00
Pld (Probabilidade dependendo da resistência R_s da blindagem do cabo e da tensão suportável de impulso U_w do equipamento) (Tab. B8)	1,00	1,00
Cld (Fator dependendo das condições de blindagem, aterramento e isolamento) (Tab. B4)	1,00	1,00
Pw = Pspd x Pld x Cld	1,00E+00	1,00E+00

5.5.2 Cálculo de **Lw** (Valores de perda na zona considerada)

Lo (Número relativo médio típico de vítimas por falhas de sistema interno devido a um evento perigoso) (Tab. C2/C8)	0,01
nz (Número de pessoas na zona considerada - externa)	200
nt (Número de pessoas consideradas na estrutura-interna)	200
Lw = Lo x (nz/nt)	1,00E-02

5.5.3 Cálculo de Rw	NL.E	6,52E-03	Nl.T	3,26E-03
	Ndj.E	3,24E-03	Ndj.T	3,24E-03
	Pw.	1,00E+00	Pw.T	1,00E+00

	E			
	Lw			1,00E-02
Rw.E = (Nl.E+Ndj.E) x Pw.E x Lw			9,76E-05	
Ru.T = (Nl.T+Ndj.T) x Pw.T x Lw			6,50E-05	
Rw = Rw.E +Rw.T			1,63E-04	

5.6 COMPONENTE **Rz** (RISCO DE FALHA DOS SISTEMAS INTERNAS CAUSADO POR DESCARGAS PERTO DA LINHA)

Componentes relativo a falhas dos sistemas internos, causados por sobretensões induzidas nas linhas que entram na estrutura e transmitidas a esta. Perdas de serviços ao público pode ocorrer em todos os casos junto a perda de vida humana, nos casos de estruturas com risco de explosão, e hospitais ou outras estruturas onde falhas de sistemas internos possam imediatamente colocar em perigo a vida humana.

5.6.1 Cálculo de **Ai** (Área de exposição equivalente de descargas para terra perto da linha)

									Linha de Energia (E)	Linhas de Telecomunicações (T)
LI (Comprimento da secção de linha (m))									200	100
Ai = 4000 x LI (m²)									8,00E+05	4,00E+05

5.6.2 Cálculo de **Ni** (Número médio anual de eventos perigosos devido a descarga perto da linha)

									Linha de Energia (E)	Linhas de Telecomunicações (T)
Ci (Fator de instalação da linha) (Tab. A2)									0,50	0,50
Ct (Fator tipo de linha) (Tab. A3)									1,00	1,00
Ce (Fator ambiental de linha) (Tab. A4)									0,10	0,10
Ni = Ng x Ai x Ci x Ce x Ct x 10⁻⁶ (ano)									6,52E-01	3,26E-01

5.6.3 Cálculo de **Pz** (Probabilidade de uma descarga perto da linha conectada à estrutura causar falhas a sistemas internos)

									Linha de Energia (E)	Linhas de Telecomunicações (T)
Pspd (Probabilidade em função do nível de proteção para o qual os DPS foram projetados) (Tab. B3)									1,00	1,00
Pli (Probabilidade dependendo da falha de sistemas internos devido a uma descarga perto da linha conectada dependendo das características da linha dos equipamentos) (Tab. B9)									0,3	0,5

Cl_i (Fator dependendo das condições de blindagem, aterramento e isolamento) (Tab. B4)	1,00		1,00	
P_z = P_{spd} x P_{ld} x Cl_d	3,00E-01		5,00E-01	
5.6.4 Cálculo de L_z (Valores de perda nas zona considerada)				
L_o (Número relativo médio típico de vítimas por falhas de sistemas devido a um evento perigoso) (Tab. C2/C8)			0,01	
n_z (Número de pessoas na zona considerada - externa)			200	
n_t (Número de pessoas consideradas na estrutura-interna)			200	
L_z = L_o x (n_z/n_t)			1,00E-02	

5.6.5 Cálculo de R_z		Ni.E	6,52E-01	Ni.T	3,26E-01
		Pz.E	3,00E-01	Pz.T	5,00E-01
		L_z			1,00E-02
R_{z.E} = (Ni.E x Pz.E x L_z)		1,96E-03			
R_{z.T} = (Ni.T x Pz.T x L_z)		1,63E-03			
R_z = R_{z.E} + R_{z.T}		3,59E-03			

5.7 COMPONENTE R2 (RISCO DE PERDAS DE SERVIÇO AO PÚBLICO)

O risco **R2** é um valor relativo a uma provável perda anual média, calculado a partir da soma dos componentes de riscos citados.

RESULTADO	COMPONENTES DE RISCOS								
	S1			S2	S3			S4	(Ra + Rb + Ru + Rv)
	Ra	Rb	Rc	Rm	Ru	Rv	Rw	Rz	
		9,04E-05	1,81E-04	3,38E-03		8,13E-05	1,63E-04	3,59E-03	1,72E-04
R2 = Rb + Rc + Rm + Rv + Rw + Rz									7,48E-03
RT (RISCO TOLERÁVEL)									1,00E-03
R2 > RT	A ESTRUTURA NECESSITA DE PROTEÇÃO SEGUNDO A NBR 5419-2015								
JÁ EXISTE UM SPDA INSTALADO NA ESTRUTURA?					NÃO	ANALISAR (Ra+Rb+Ru+Rv)			
(Ra + Rb + Ru + Rv) ≤ RT	INSTALAR APENAS MPS ADEQUADAS SÃO SUFICIENTES								
(Ra + Rb) < RT	UM SPDA COMPLETO NÃO É NECESSÁRIO, APENAS DPS SÃO SUFICIENTES								
CONTRIBUIÇÃO DE RISCO	SELEÇÃO DAS MEDIDAS DE PROTEÇÃO								
Ra	0,00%								
Rb	1,21%								
Rc	2,42%								
Rm	45,16%								

Ru	0,00%	
Rv	1,09%	
Rw	2,17%	
Rz	47,95%	

Observação: Recalcular os novos valores dos componentes de riscos para tornar o risco $R < RT$

6. RISCO DE PERDAS DE VALORES ECONÔMICOS (R4)

Os resultados para risco de perda de valor econômico levam em consideração a avaliação da eficiência do custo da proteção pela comparação do custo total das perdas com ou sem as medidas de proteção. Neste caso, a avaliação das componentes de risco R4 devem ser feitas no sentido de avaliar tais custos.

6.1 COMPONENTE **Ra** (RISCO DE FERIMENTOS A SERES VIVOS CAUSADO POR DESCARGAS NA ESTRUTURA)

Componente relativo a ferimentos aos seres vivos, causados por choque elétrico devido às tensões de toque e passo dentro da estrutura e fora da estrutura, nas zonas até 3m ao redor dos condutores de descidas.

6.1.1 Cálculo de **Nd** (Número de eventos perigosos para a estrutura)

Ng (Densidade de descargas atmosférica para a terra - $\text{km}^2 \times \text{ano}$)
16,30

Ad (Área de exposição equivalente - m^2) 4.437,00

Cd (Fator de Localização) (Tab.A.1) 0,25

Nd = Ng x Ad x Cd x 10⁻⁶ (por ano) 1,81E-02

6.1.2 Cálculo de **Pa** (Probabilidade de uma descarga na estrutura causar ferimentos a seres vivos por choque elétrico)

Pta (Probabilidade de uma descarga causar choque elétrico a seres vivos devidos a tensões de toque e passo) (Tab. B1) 1,00

Pb (Probabilidade de uma descarga na estrutura causar danos físicos) (Tab. B2) 1,00

Pa = Pta x Pb 0

6.1.3 Cálculo de **La** (Valores de perdas na zona considerada)

rt (Fator de redução em função do tipo da superfície do solo ou piso) (Tab. C3)										0,001
Lt (Número relativo médio típico de vítimas feridas por choque elétrico devido a um evento perigoso) (Tab.C2C12)										0,01
ca (Valor dos animais na zona) R\$										3.000
ct (Valor total da estrutura) R\$										6.000
La = rt x Lt x (ca/ct)										0
6.1.4 Cálculo de Ra										
Nd										
Pa										
La										
										1,81E-02
										0
										0
Ra = Nd x Pa x La (ano)										0
6.2 COMPONENTE Rb (RISCO DE DANOS FÍSICOS NA ESTRUTURA CAUSADOS POR DESCARGAS NA ESTRUTURA)										
Componentes relativos a danos físicos, causados por centelhamento perigoso dentro da estrutura iniciando incêndio ou explosão, os quais podem também colocar em perigo o meio ambiente.										
6.2.1 Cálculo de Lb (Valor de perda na zona considerada)										
rp (Fator de redução em função das providências tomadas para reduzir as consequências de um incêndio) (Tab. C4)										0,50
rf (Fator de redução em função do risco de incêndio ou explosão na estrutura) (Tab. C5)										0,1
hz(Fator aumentando a quantidade relativa de perda na presença de um perigo especial) (Tab. C6)										2,00
Lf (Número relativo médio típico de vítimas feridas por danos físicos devido a um evento perigoso) (Tab.C2/C12)										0,1
ca (Valor dos animais na zona) R\$										0,00
cb (Valor da edificação relevante à zona) R\$										2.000.000,00
cc (Valor do conteúdo na zona) R\$										1.000.000,00
cs (Valor dos sistemas internos incluindo suas atividades na zona) R\$										3.000.000,00
CT (Custo Total de perdas econômicas da estrutura) R\$										6.000.000,00
Lb = rp x rf x Lf x (ca + cb + cc + cs)/CT) * ver nota tabela C11										5,00E-03
4.2.2 Cálculo de Rb										
Nd										
Pb										
Lb										
										1,81E-02
										1,00E+00
										5 E-03
Rb = Nd x Pb x										9,04E-

Lb (ano)	05
-----------------	-----------

6.3 COMPONENTE **Rc** (RISCO DE FALHA DOS SISTEMAS INTERNOS CAUSADO POR DESCARGAS NA ESTRUTURA)

Componente relativo a falhas de sistemas internos, causados por pulsos eletromagnéticos devido às descargas atmosféricas. Perda de serviço ao público pode ocorrer em todos os casos, junto com a perda de vida humana, nos casos de estrutura com riscos de explosão, e hospitais ou outras estruturas onde falhas de sistemas internos possam imediatamente colocar em perigo a vida humana.

6.3.1 Cálculo de **Pc** (Probabilidade de uma descarga na estrutura causar falha a sistemas internos)

	Linha de Energia (E)	Linhas de Telecomunicações (T)
Pspd (Probabilidade em função do NP para o qual os DPS foram projetados) (Tab. B3)	1,00	1,00
Cld (Fator dependendo das condições de blindagem, aterramento e isolamento) (Tab. B4)	1,00	1,00
Pc.E = Pspd.Ex Cld.E	1,00	
Pc.T = Pspd.Tx Cld.T		1,00
Pc = 1 - [(1 - Pc.E)x(1 - Pc.T)]	1,00E+00	

6.3.2 Cálculo de **Lc** (Valores de perda na zona considerada)

Lo (Valor relativo médio típico de todos os valores danificados pela falha no sistemas internos devido a um evento perigoso) (Tab. C2/C12)	0,01
cs (Valor dos sistemas internos incluindo suas atividades na zona) R\$	30000 00
CT (Custo Total de perdas econômicas da estrutura) R\$	6.000. 000
Lc = Lo x (cs/CT) (Ver nota C11)	5,00E-03

6.3.3 Cálculo de Rc	Nd	Pc	Lc
	1,81E-02	1,00E+00	5,00E-03
Rc = Nd x Pc x Lc (ano)	9,04E-05		

6.4 COMPONENTE **Rm** (RISCO DE FALHA DOS SISTEMAS INTERNOS CAUSADO POR

DESCARGA PERTO DA ESTRUTURA)

Componentes relativos a falhas de sistemas internos, causados por pulsos eletromagnéticos devido às descargas atmosféricas. Perda de serviço ao público pode ocorrer em todos os casos, junto com a perda de vida humana, nos casos de estrutura com riscos de explosão, e hospitais ou outras estruturas onde falhas de sistemas internos possam imediatamente colocar em perigo a vida humana.

6.4.1 Cálculo de **Nm** (Número médio anual de eventos perigosos devido a descargas perto da estrutura)

Ng (Densidade de descargas atmosférica para a terra - $\text{km}^2 \times \text{ano}$)	16,3
Am (Área de exposição equivalente (m^2) que se estende a uma linha localizada a uma distância de 500 m do perímetro da estrutura)	861.150
Nm = Ng x Am x 10⁻⁶ (por ano)	1,40E+01

6.4.2 Cálculo de **Pm** (Propabilidade de uma descarga atmosférica perto da estrutura causar falha de sistemas internos)

	Linha de Energia (E)	Linhas de Telecomunicações (T)
Pspd (Probabilidade em função do NP para o qual os DPS foram projetados) (Tab. B3)	1,00	1,00
Ks1 (Fator relevante à efetividade da blindagem por malha de uma estrutura (nota 2 parte 2))	1,00	1,00
Ks2 (Fator relevante à efetividade da blindagem por malha dos campos internos de uma estrutura)	1,00	1,00
Ks3 (Fator relevante à característica do cabeamento interno) (Tab. B5)	0,20	0,20
Uw (Tensão suportável nominal de impulso do sistema a ser protegido(kV)) (Tab. B8)	2,50	1,50
Ks4 (Fator relevante à tensão suportável de impulso de um sistema (Ks4 = 1/Uw))	0,40	0,67
Pms = (Ks1 x Ks2 x Ks3 x Ks4)²	6,400E-03	1,778E-02
Pm.E = Pspd.E x Pms.E	6,400E-03	
Pm.T = Pspd.Tx Pms.T		1,78E-02
Pm = 1 - [(1 - Pm.E)x(1 - Pm.T)]	2,41E-02	

6.4.3 Cálculo de **Lm** (Valores de perda na zona considerada)

Lo (Número relativo médio típico de vítimas por falhas de sistemas devido a um evento perigoso) (Tab. C2/C8)										0,01
cs (Valor dos sistemas internos incluindo suas atividades na zona) R\$										30000 00,00
CT (Custo Total de perdas econômicas da estrutura) R\$										6.000. 000
Lm = Lo x (cs/CT)										5,00E-03
6.4.4 Cálculo de Rm				Nm			Pm			Lm
				1,40E+01			2,41E-02			5,00E-03
Rm = Nm x Pm x Lm (ano)				1,69E-03						
6.5 COMPONENTE Ru (RISCO DE FERIMENTOS A SERES VIVOS CAUSADO POR DESCARGAS NA LINHA CONECTADA)										
Componentes relativos a ferimentos aos seres vivos, causados por choque elétrico devido às tensões de toque e passo dentro da estrutura.										
6.5.1 Cálculo de Al (Área de exposição equivalente de descargas para a terra que atingem a linha)										
								Linha de Energia (E)	Linhas de Telecomunicações (T)	
Ll (Comprimento da secção de linha (m))								200	100	
Al = 40 x Ll (m ²)								8,00E+03	4,00E+03	
6.5.2 Cálculo de Ni (Número médio anual de eventos perigosos devido a descargas na linha)										
								Linha de Energia (E)	Linhas de Telecomunicações (T)	
Ci (Fator de instalação da linha) (Tab. A2)								0,50	0,50	
Ct (Fator tipo de linha) (Tab. A3)								1,00	1,00	
Ce (Fator ambiental de linha) (Tab. A4)								0,50	0,50	
Ni = Ng x Al x Ci x Ce x Ct x 10 ⁻⁶ (ano)								3,26E-02	1,63E-02	
6.5.3 Cálculo de Ndj (Número de eventos perigosos para uma estrutura adjacentes)										

	Linha de Energia (E)	Linhas de Telecomunicações (T)
Adj (Área de expressão equivalente da estrutura adjacente)	795,72	795,72
Cdj (Fator de Localização da estrutura adjacente) (Tab. A1)	0,25	0,25
Ndj = Ng x Adj x Cdj x Ct x 10⁻⁶ (ano)	3,24E-03	3,24E-03
6.5.4 Cálculo de Ptu e Peb		
Ptu (Probabilidade de uma estrutura em uma linha que adentre a estrutura causar choques a seres vivos devido a tensão de toque perigoas) (Tab. B6)	1,00	
Peb (Probabilidade em função do NP para o qual o DPS foram projetados) (Tab. B7)	1,00	
6.5.5 Cálculo de Pu (Propabilidade de uma descarga atmosférica em uma linha causar ferimentos a seres vivos por choque elétrico		
	Linha de Energia (E)	Linhas de Telecomunicações (T)
Pld (Probabilidade dependendo da resistência Rs da blindagem do cabo e da tensão suportável de impulso Uw do equipamento) (Tab. B8)	1,00	1,00
Cld (Fator dependendo das condições de blindagem, aterramento e isolamento) (Tab. B4)	1,00	1,00
Pu = Ptu x Peb x Pld x Cld	0,00E+00	0,00E+00
6.5.6 Cálculo de Lu (Valores de perda na zona considerada)		
rt (Fator de redução em função do tipo da superfície do solo e do piso) (Tab. C3)		0,001
Lt (Número relativo médio típico de vítimas feridas por choque devido a um evento perigoso) (Tab. C2/C8)		0,01
nz (Número de pessoas na zona considerada - externa)		200
nt (Número de pessoas consideradas na estrutura-interna)		200
tz (Tempo, durante o qual as pessoas estão presentes nas zonas)		8.760

consideradas)(h/ano)									
Lu = rt x Lt x (nz/nt) x (tz/8760)									0

6.5.7 Cálculo de Ru	NL.E	3,26E-02	NI.T	1,63E-02
	Ndj.E	3,24E-03	Ndj.T	3,24E-03
	Pu.E	0,00E+00	Pu.T	0,00E+00
	Lu	0		
Ru.E = (NI.E+Ndj.E) x Pu.E x Lu	0,00E+00			
Ru.T = (NI.T+Ndj.T) x Pu.T x Lu	0,00E+00			
Ru = Ru.E + Ru.T	0			

6.6 COMPONENTE **Rv** (RISCO DE DANOS FÍSICOS NA ESTRUTURA CAUSADO POR DESCARGA NA LINHA CONECTADA)

Componentens relativo a danos físicos (incêndio ou explosão iniciados por centelhamentos perigosos entre instalações externas e partes metálicas, geralmente no ponto de entrada das linha da estrutura), devido à corrente da descarga atmosférica transmitida, ou ao longo da linhas)

6.6.1 Cálculo de **Pv** (Probabilidade de uma descarga em uma linha causar danos físicos)

	Linha de Energia (E)	Linhas de Telecomunicações (T)
Pld (Probabilidade dependendo da resistência R_s da blindagem do cabo e da tensão suportável de impulso U_w do equipamento) (Tab. B8)	1,00	1,00
Cld (Fator dependendo das condições de blindagem, aterramento e isolamento) (Tab. B4)	1,00	1,00
Pv = Peb x Pld x Cld	1,00E+00	1,00E+00

4.6.2 Cálculo de **Lv** (Valores de perdas nas zonas consideradas)

rp (Fator de redução em função das providências tomadas para reduzir as consequências de um incêndio) (Tab. C4)	0,50
rf (Fator de redução em função do risco de incêndio ou explosão na estrutura) (Tab. C5)	0,1
hz (Fator aumentando a quantidade relativa de perda na presença de um perigo especial) (Tab. C6)	2,00
Lf (Número relativo médio típico de vítimas feridas por danos físicos devido a um evento perigoso) (Tab.C2/C12)	0,10
ca (Valor dos animais na zona) R\$	0,00
cb (Valor da edificação relevante à	2.000.

zona) R\$	000,00
cc (Valor do conteúdo na zona) R\$	10000 00
cs (Valor dos sistemas internos incluindo suas atividades na zona) R\$	30000 00
CT (Custo Total de perdas econômicas da estrutura) R\$	60000 00
Lb = rp x rf x Lf x (ca + cb + cc + cs)/CT) * ver nota tabela C11	5,00E-03

4.6.3 Cálculo de Rv	NL.E	3,26E-02	NL.T	1,63E-02
	Ndj.E	3,24E-03	Ndj.T	3,24E-03
	Pv.E	1,00E+00	Pv.T	1,00E+00
	Lv			5,00E-03
Rv.E = (NL.E+Ndj.E) x Pv.E x Lv	1,79E-04			
Rv.T = (NL.T+Ndj.T) x Pv.T x Lv	9,77E-05			
Rv = Rv.E +Rv.T	2,77E-04			

6.7 COMPONENTE R_w (RISCO DE FALHA DO SISTEMAS INTERNOS CAUSADO POR DESCARGAS NA LINHA CONECTADA)

Componentes relativo a falhas de sistemas internos, causados por sobretensões induzidas nas linhas que entram na estrutura e transmitidas a esta. Perdas de serviços ao público pode ocorrer em todos os casos junto a perda de vida humana, nos casos de estrutura com riscos de explosão, e hospitais ou outras estruturas onde falhas de sistemas internos possam imediatamente colocar em perigo a vida humana.

6.7.1 Cálculo de P_w (Probabilidade de uma descarga em uma linha causar falhas a sistemas internos)

									Linha de Energia (E)	Linhas de Telecomunicações (T)
Pspd (Probabilidade em função do NP para o qual os DPS foram projetados) (Tab. B3)									1,00	1,00
Pld (Probabilidade dependendo da resistência R _s da blindagem do cabo e da tensão suportável de impulso U _w do equipamento) (Tab. B8)									1,00	1,00
Cld (Fator dependendo das condições de blindagem, aterramento e isolamento) (Tab. B4)									1,00	1,00
Pw = Pspd x Pld x Cld									1,00E+00	1,00E+00

6.7.2 Cálculo de **Lw** (Valores de perda na zona considerada)

Lo (Número relativo médio típico de vítimas por falhas de sistema interno devido a um evento perigoso) (Tab. C2/C8)	0,01
nz (Número de pessoas na zona considerada - externa)	200
nt (Número de pessoas consideradas na estrutura-interna)	200
tz (Tempo, durante o qual as pessoas estão presentes nas zonas consideradas) (h/ano)	8.760
Lw = Lo x (nz/nt) x (tz/8760)	1,00E-02

6.7.3 Cálculo de Rw	NL.E	3,26E-02	NL.T	1,63E-02
	Ndj.E	3,24E-03	Ndj.T	3,24E-03
	Pw.E	1,00E+00	Pw.T	1,00E+00
	Lw			1,00E-02
Rw.E = (NL.E+Ndj.E) x Pw.E x Lw	3,58E-04			
Ru.T = (NL.T+Ndj.T) x Pw.T x Lw	1,95E-04			
Rw = Rw.E +Rw.T	5,54E-04			

6.8 COMPONENTE **Rz** (RISCO DE FALHAS DOS SISTEMAS INTERNAS CAUSADO POR DESCARGAS PERTO DA LINHA)

Componentes relativo a falhas dos sistemas internos, causados por sobretensões induzidas nas linhas que entram na estrutura e transmitidas a esta. Perdas de serviços ao público pode ocorrer em todos os casos junto a perda de vida humana, nos casos de estruturas com risco de explosão, e hospitais ou outras estruturas onde falhas de sistemas internos possam imediatamente colocar em perigo a vida humana.

6.8.1 Cálculo de **Al** (Área de exposição equivalente de descargas a terra que atingem perto da linha)

									Linha de Energia (E)	Linhas de Telecomunicações (T)
Ll (Comprimento da secção de linha (m))									200	100
Al = 4000 x Ll (m²)									8,00E+05	4,00E+5

6.8.2 Cálculo de **Ni** (Número médio anual de eventos perigosos devido a descarga perto da linha)

	Linha de Energia (E)	Linhas de Telecomunicações (T)		
Ci (Fator de instalação da linha) (Tab. A2)	0,50	0,50		
Ct (Fator tipo de linha) (Tab. A3)	1,00	1,00		
Ce (Fator ambiental de linha) (Tab. A4)	0,50	0,50		
Ni = Ng x Ai x Ci x Ce x Ct x 10⁻⁶ (ano)	3,26E+00	1,63E+00		
6.8.3 Cálculo de Pz (Probabilidade de uma descarga perto da linha conectada à estrutura causar falhas a sistemas internos)				
	Linha de Energia (E)	Linhas de Telecomunicações (T)		
Pspd (Probabilidade em função do nível de proteção para o qual os DPS foram projetados) (Tab. B3)	1,00	1,00		
Pli (Probabilidade dependendo da falha de sistemas internos devido a uma descarga perto da linha conectada dependendo das características da linha dos equipamentos) (Tab. B9)	0,3	0,5		
Cli (Fator dependendo das condições de blindagem, aterramento e isolamento) (Tab. B4)	1	1		
Pz = Pspd x Pli x Cli	3,00E-01	5,00E-01		
6.8.4 Cálculo de Lz (Valores de perda nas zona considerada)				
Lo (Número relativo médio típico de vítimas por falhas de sistemas devido a um evento perigoso) (Tab. C2/C8)		0,01		
nz (Número de pessoas na zona considerada - externa)		200		
nt (Número de pessoas consideradas na estrutura-interna)		200		
Lz = Lo x (nz/nt)		1,00E-02		
4.8.5 Cálculo de Rz				
	Ni.E	3,26E+00	Ni.T	1,63E+00
	Pz.E	3,00E-01	Pz.T	5,00E-01
	Lz			1,00E-02
Rz.E = (Ni.E x Pz.E x Lz)	9,78E-03			

$Rz.T = (Ni.T \times Pz.T \times Lz)$	8,15E-03
$Rz = Rz.E + Rz.T$	1,79E-02

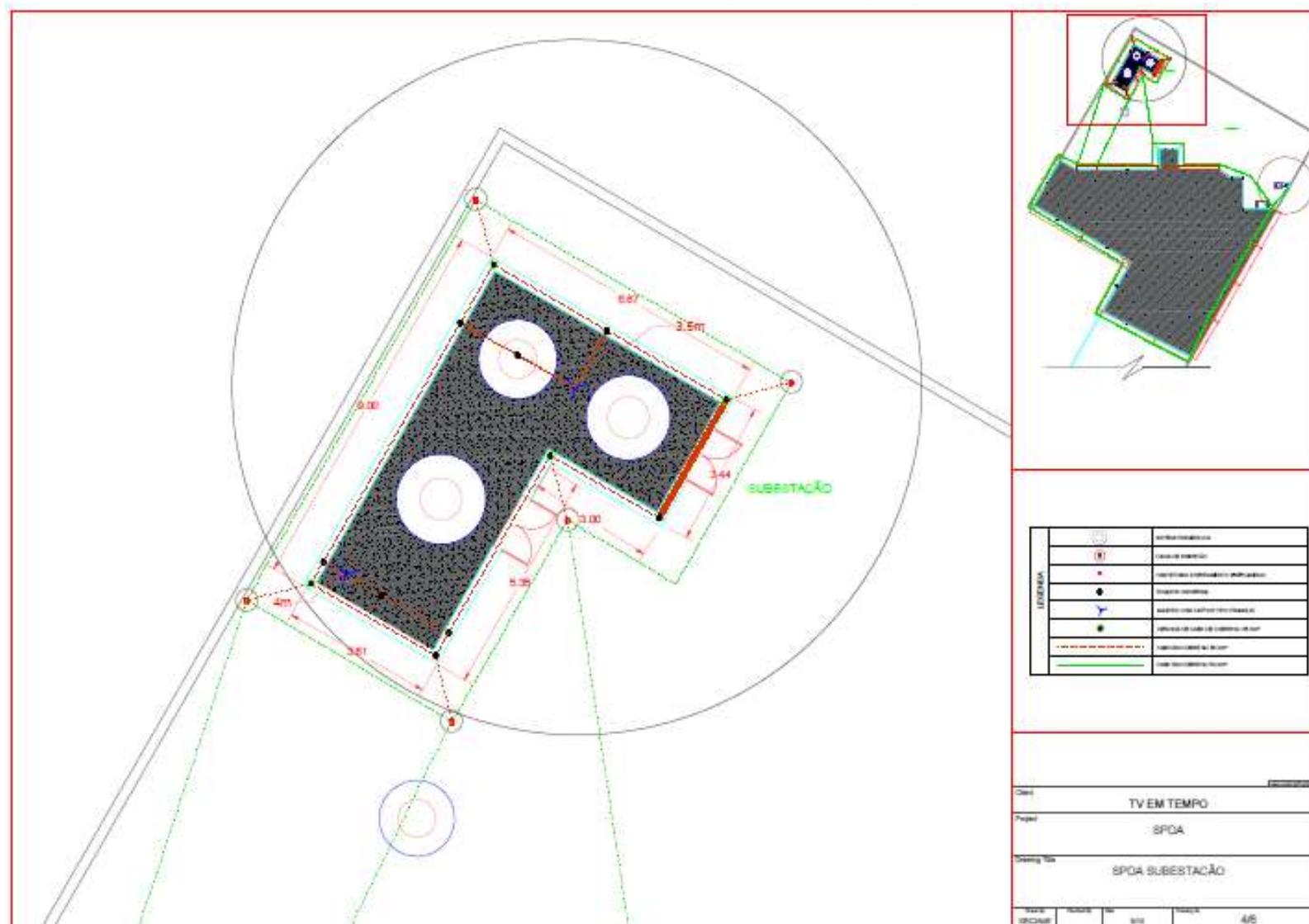
6.9 COMPONENTE R1 (RISCO DE PERDA DE VIDA HUMANA (INCLUÍDO FERIMENTO PERMANENTE))

O risco R4 é um valor relativo a uma provável perda anual média, calculado a partir da soma dos componentes de risco citados.

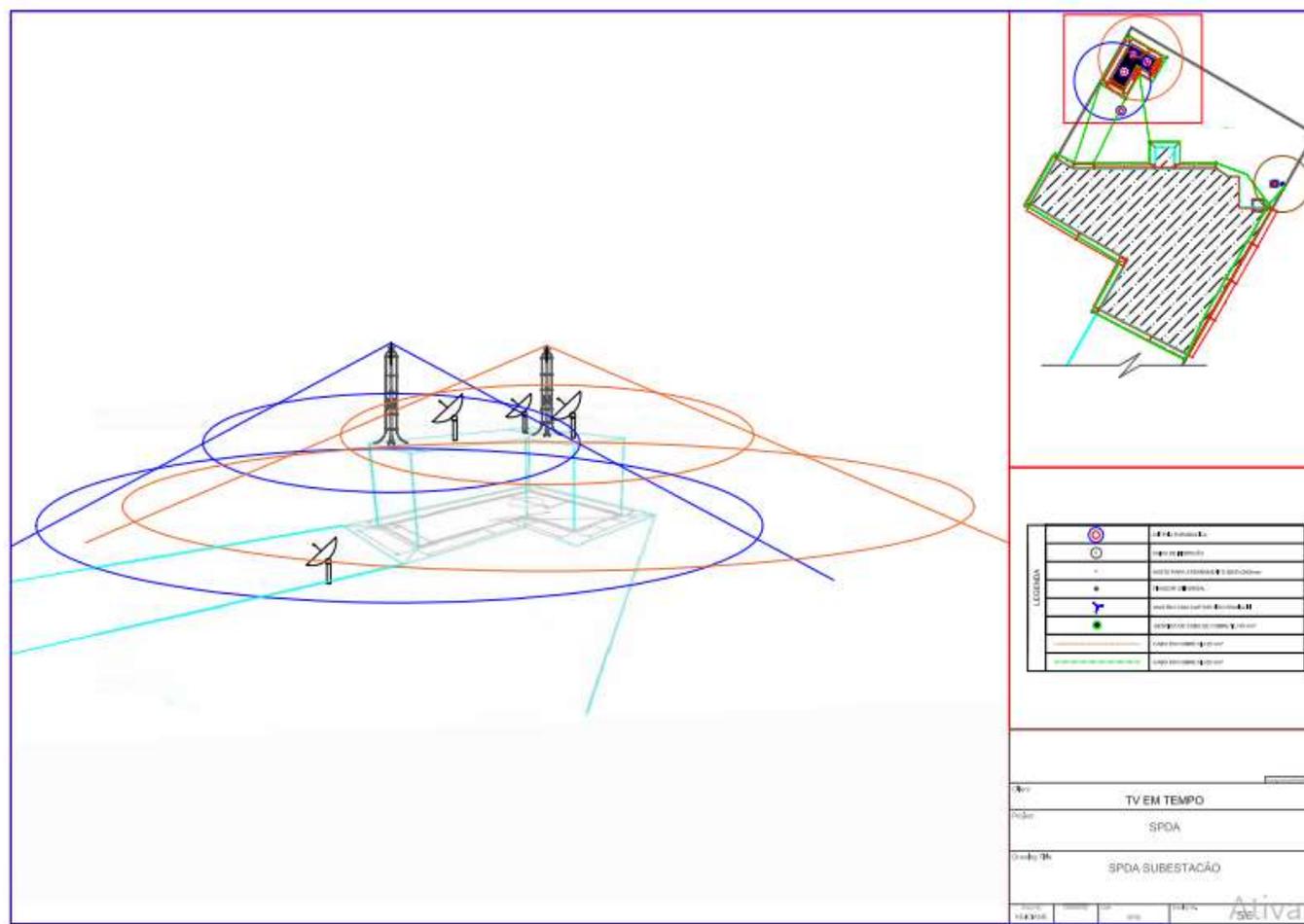
RESULTADO		COMPONENTES DE RISCOS									
		S1			S2	S3			S4	(Ra + Rb + Ru + Rv)	
		Ra	Rb	Rc	Rm	Ru	Rv	Rw	Rz		
		0	9,04E-05	9,04E-05	1,69E-03	0	2,77E-04	5,54E-04	1,79E-02	3,67E-04	
R4 = Ra + Rb + Rc + Rm + Ru + Rv + Rw + Rz										2,06E-02	
RT (RISCO TOLERÁVEL)										1,00E-05	
R4 > RT	A ESTRUTURA NECESSITA DE PROTEÇÃO SEGUNDO A NBR 5419-2015										
JÁ EXISTE UM SPDA INSTALADO NA ESTRUTURA?					NÃO	ANALISAR (Ra+Rb+Ru+Rv)					
(Ra+Rb+Ru+Rv) > RT		INSTALAR UM SPDA ADEQUADO									
(Ra + Rb) ≥ RT		INSTALAR UM TIPO DE SPDA ADEQUADO									
CONTRIBUIÇÃO DE RISCO		SELEÇÃO DAS MEDIDAS DE PROTEÇÃO (DADOS MANUAL FEITO PELO PROJETISTA)									
Ra	0,00%										
Rb	0,44%										
Rc	0,44%										
Rm	8,19%										
Ru	0,00%										
Rv	1,34%										
Rw	2,68%										
Rz	86,91%										

Observação: Recalcular os novos valores dos componentes de riscos para tornar o risco $R < RT$

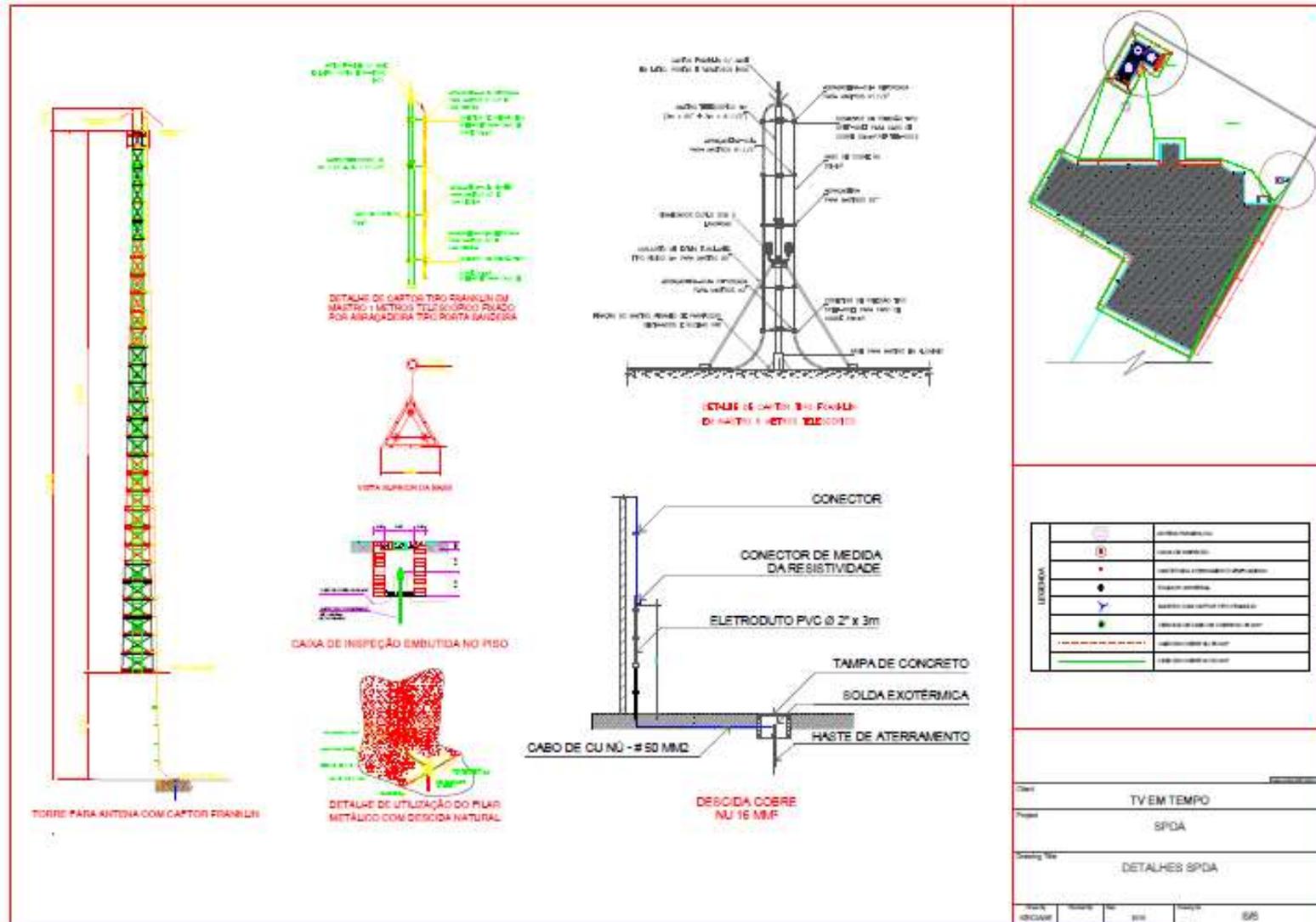
APÊNDICE C. FIGURA 1 (SUBESTAÇÃO)



APÊNDICE C. FIGURA 2 - (SUBESTAÇÃO 3D)



APÊNDICE D. (DETALHES DA TORRE)



APÊNDICE E. (GERAL COM SPDA)

