

SEGURANÇA CONTRA INCÊNDIO EM EDIFÍCIOS

NOTA TÉCNICA Para-raios

29





SEGURANÇA CONTRA INCÊNDIO EM EDIFÍCIOS
NOTA TÉCNICA N.º 29

PROTEÇÃO CONTRA DESCARGAS ATMOSFÉRICAS
PARA-RAIOS

ÍNDICE GERAL

1	INTRODUÇÃO.....	7
2	OBJETIVO	7
3	APLICAÇÃO.....	7
4	PROTEÇÃO E PREVENÇÃO CONTRA DESCARGAS ATMOSFÉRICAS	8
5	DEFINIÇÃO DE UM SPDA	9
6	FASES ESPECÍFICAS PARA AS INSTALAÇÕES DE PROTEÇÃO E PREVENÇÃO	11
6.1	Análise e avaliação do risco	11
6.2	Projeto (ET-estudo técnico)	19
7	INSTALAÇÕES DE PROTEÇÃO CONTRA DESCARGAS ATMOSFÉRICAS DIRETAS.....	19
8	SISTEMAS DE PREVENÇÃO	20
9	SISTEMA INTERNO DE PROTEÇÃO CONTRA DESCARGAS ATMOSFÉRICAS	21
10	MANUTENÇÃO E VERIFICAÇÕES DE ROTINA DE UM SPDA.....	21
10.1	Rotina de Verificação e Manutenção	22
10.2	Documentação	24
11	REFERÊNCIAS LEGISLATIVAS E NORMATIVAS.....	25
12	ANEXOS	30
12.1	ANEXO A.1 - GLOSSÁRIO	30
12.2	ANEXO A.2 - FÍSICA DOS FENÓMENOS DAS DESCARGAS ATMOSFÉRICAS	33
12.3	ANEXO A.3 - ANÁLISE DE RISCO	44
12.4	ANEXO A.4 - ANÁLISE DE RISCO SIMPLIFICADA	48
12.5	ANEXO A.5-INSTALAÇÕES DE PROTEÇÃO CONTRA DESCARGAS ATMOSFÉRICAS DIRETAS	50
12.5.1.1	Captura por componentes naturais	55
12.5.2	SPDA isolado	56
12.5.3	Descargas atmosféricas laterais	56
12.5.4	Condutores de captura e baixada	57
12.5.4.1	Número de condutores de baixada	59
12.5.4.2	SPDA não isolado	60
12.5.4.3	SPDA isolado	61
12.5.4.4	Trajetória do condutor de baixada	61
12.5.4.5	Componentes naturais	62
12.5.4.6	Proteção mecânica de baixada	62
12.5.4.7	Ligador amovível	62
12.5.4.8	Edifícios sensíveis	63
12.5.5	Distância de separação	63
12.5.6	Rede de terras	65
12.5.7	Os componentes do SPDA: a série de normas NP EN 62561 e CLC TS 50703	67
12.5.8	Proteção de pessoas	68
12.5.9	Equipotencialização	70
12.5.10	Contador de descargas atmosféricas	72
12.6	ANEXO A.6 - DIFERENÇAS ENTRE UM SPDA USANDO UM PDI (NP4426) E UM SPDA COM PARA-RAIOS DE HASTE SIMPLES (NP EN 62305-3)	72
12.7	ANEXO A.7 - SISTEMA INTERNO DE PROTEÇÃO CONTRA DESCARGAS ATMOSFÉRICAS	73
12.7.1	Proteção contra sobretensão através de ligação equipotencial	73
12.7.2	Sistemas de ligação equipotencial	74
12.7.2.1	O que equipotencializar	75
12.7.2.2	Requisitos para ligação equipotencial:	76
12.7.2.3	Ligação equipotencial de acordo com IEC 60364-4-41 e IEC 60364-5-54	76



12.7.2.4	Áreas potencialmente explosivas	77
12.7.3	Sistema de proteção contra sobretensões para sistemas de alimentação	77
12.7.3.1	Tipos sobretensões	77
12.7.3.2	Sobretensões transitórias	77
12.7.3.3	Sobretensões temporárias e permanentes	77
12.7.3.4	Sobretensões de origem atmosférica (LEMP: Impulso eletromagnético de descarga atmosférica)	78
12.7.3.5	Operações de manobra/comutação (SEMP: Pulso eletromagnético de comutação)	78
12.7.3.6	Descargas estáticas (ESD: Descarga eletrostática)	78
12.7.4	Proteção contra sobretensões transitórias de origem atmosférica	78
12.7.4.1	Conceito de zona de proteção contra descargas atmosféricas	79
12.7.4.2	Vantagens do conceito de zona de proteção contra descargas atmosféricas	79
12.7.4.3	Tipo/classes dos dispositivos de proteção contra sobretensões	80
12.7.4.4	Descarregadores de sobretensões Tipo 1 e combinado Tipo 1 + 2	80
12.7.4.5	Descarregadores de sobretensões Tipo 2	81
12.7.4.6	Descarregadores de sobretensões Tipo 3	81
12.7.4.7	Escolha dos dispositivos de proteção contra sobretensões	82
12.7.4.8	Dimensionamento dos descarregadores Tipo 1	82
12.7.4.9	Nível de proteção (Up) dos descarregadores de sobretensões	84
12.7.4.10	Coordenação dos descarregadores de sobretensões	84
12.7.4.11	Regras de instalação	86
12.7.4.12	Proteção contra falhas do DST	87
12.7.4.13	Circuito de proteção	89
12.7.5	Sistemas de proteção contra as sobretensões para tecnologias de informação e dados.	91
12.7.5.1	Princípios básicos	91
12.7.5.2	Princípio de proteção	91
12.7.5.3	Normas em tecnologia de dados e informação	91
12.7.5.4	Comparação de sistemas de proteção	92
12.7.5.5	Topologias	92
12.7.5.6	Interferência em sistemas de tecnologia da informação	94
12.7.5.7	Acoplamento galvânico	95
12.7.5.8	Acoplamento indutivo	96
12.7.5.9	Acoplamento capacitivo	98
12.7.5.10	Construção e blindagem numa área	99
12.7.5.11	Blindagem de condutores	100
12.7.5.12	Proteção de equipamentos de telecomunicações	100
12.7.5.13	Instalação de dispositivos de proteção de cabos de dados	101
12.7.5.14	Outros meios de proteção contra sobretensões de sistemas de telecomunicações	101
12.7.5.15	Proteção contra sobretensões para áreas potencialmente explosivas	101
12.7.5.16	Telecomunicações	102
12.7.5.17	Dispositivos coaxiais de proteção contra sobretensão com protetor de descarga de gás	103
12.7.5.18	Protetores com tecnologia Lambda/4	103
12.7.5.19	Sistemas de satélite de acordo com IEC/EN 60728-11	103
12.7.5.20	Algumas explicações úteis	104
12.7.5.21	Configuração da rede estruturada ITED	106



ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1 - PROCEDIMENTOS PARA DEFINIÇÃO DE UM SPDA	10
FIGURA 2 - REPRESENTAÇÃO ESQUEMÁTICA DOS COMPONENTES DO SISTEMA DE PROTEÇÃO CONTRA DESCARGAS ATMOSFÉRICAS	20
FIGURA 3 - NUVEM DE TROVOADA E O CAMPO ELÉTRICO QUE ELA CRIA NO SOLO	35
FIGURA 4 - TRAÇADOR NEGATIVO DESCENDENTE	35
FIGURA 5 - TRAÇADOR POSITIVO ASCENDENTE DE UMA ESTRUTURA ALTA	35
FIGURA 6 - TRAÇADOR NEGATIVO ASCENDENTE DE UMA ESTRUTURA ALTA	35
FIGURA 7 - TRAÇADOR POSITIVO DESCENDENTE	35
FIGURA 8 - FORMA DA ONDA DE DESCARGA ATMOSFÉRICA EM LABORATÓRIO	39
FIGURA 9 - MÉTODO DA ESFERA ROLANTE	43
FIGURA 10 - RAIOS DE PROTEÇÃO DE UMA PONTA SIMPLES	51
FIGURA 11 - EXEMPLO DE UMA PONTA DE FRANKLIN A PROTEGER UM ELEMENTO DA COBERTURA E ÂNGULOS DE PROTEÇÃO EM FUNÇÃO DA ALTURA	51
FIGURA 12 - GAIOLA EM MALHA	52
FIGURA 13 - EXEMPLO DE CABO DE GUARDA SOBRE UMA ESTRUTURA	53
FIGURA 14 - RAIOS DE PROTEÇÃO (ASSUMINDO $H_1 \geq 5$ M)	54
FIGURA 15 - EXEMPLO DE SISTEMA ISOLADO COM CABOS DE GUARDA	61
FIGURA 16 - PRINCÍPIO DA DISTÂNCIA DE SEPARAÇÃO	64
FIGURA 17 - SISTEMA DE TERRA TIPO A	66
FIGURA 18 - SISTEMA DE TERRA TIPO B	66
FIGURA 19 - COMPRIMENTO MÍNIMO DE CADA ELÉTRODO DE TERRA DE ACORDO COM O NÍVEL DE PROTEÇÃO DO SPDI E A RESISTIVIDADE DO SOLO	67
FIGURA 20 - SISTEMA EQUIPOTENCIAL NUM EDIFÍCIO	76
FIGURA 21 - SUBDIVISÃO DE UM EDIFÍCIO EM ZONAS DE PROTEÇÃO	79
FIGURA 22 - DISTRIBUIÇÃO TÍPICA DA CORRENTE ELÉTRICA DE UMA DESCARGA ATMOSFÉRICA	83
FIGURA 23 - EXEMPLO DE TIPO DE CASCATA DE SPD	86
FIGURA 24 - REGRA DE 50CM	87
FIGURA 25 - CIRCUITO DE PROTEÇÃO	89
FIGURA 26 - TOPOLOGIA EM BUS	93
FIGURA 27 - TOPOLOGIA EM ESTRELA	93
FIGURA 28 - TOPOLOGIA EM ANEL	94
FIGURA 29 - ACOPLAMENTO GALVÂNICO	96
FIGURA 30 - ACOPLAMENTO INDUTIVO RESULTADO DE UM IMPACTO DE DESCARGA ATMOSFÉRICA	97
FIGURA 31 - ACOPLAMENTO CAPACITIVO POR CABOS PARALELOS	97
FIGURA 32 - INDUÇÃO NUM CONDUTOR EM ANEL	98
FIGURA 33 - ACOPLAMENTO CAPACITIVO DEVIDO A IMPACTO DIRETO	99
FIGURA 34 - DIAGRAMA DE CIRCUITO	102
FIGURA 35 - EXEMPLO DOIS EDIFÍCIOS COM CVM, INSTALAÇÃO DE TUBAGEM EM DUAS CONFIGURAÇÕES DISTINTAS, COM E SEM ATE SUPERIOR	107



ÍNDICE DE QUADROS

QUADRO I - CATEGORIAS DE RISCO DA UTILIZAÇÃO-TIPO I «HABITACIONAIS»	13
QUADRO II - CATEGORIAS DE RISCO DA UTILIZAÇÃO-TIPO II «ESTACIONAMENTOS»	13
QUADRO III - CATEGORIAS DE RISCO DA UTILIZAÇÃO-TIPO III «ADMINISTRATIVOS»	14
QUADRO IV - CATEGORIAS DE RISCO UT IV «ESCOLARES» E V «HOSPITALARES E LARES DE IDOSOS»	14
QUADRO V - CATEGORIAS DE RISCO DAS UT VI «ESPETÁCULOS E REUNIÕES PÚBLICAS» E IX «DESPORTIVOS E DE LAZER»	15
QUADRO VI - CATEGORIAS DE RISCO DA UTILIZAÇÃO-TIPO VII «HOTELEIROS E RESTAURAÇÃO»	16
QUADRO VII - CATEGORIAS DE RISCO DA UTILIZAÇÃO-TIPO VIII «COMERCIAIS E GARES DE TRANSPORTES»	16
QUADRO VIII - CATEGORIAS DE RISCO DA UTILIZAÇÃO-TIPO X «MUSEUS E GALERIAS DE ARTE»	17
QUADRO IX - CATEGORIAS DE RISCO DA UTILIZAÇÃO-TIPO XI «BIBLIOTECAS E ARQUIVOS»	17
QUADRO X - CATEGORIAS DE RISCO DA UTILIZAÇÃO-TIPO XII «INDUSTRIAIS, OFICINAS E ARMAZÉNS»	18
QUADRO XI - VALORES TÍPICOS DE RT DE RISCO TOLERÁVEL	46
QUADRO XII - CORRENTE MÁXIMA DE IMPULSO DE DESCARGA ATMOSFÉRICA ASSOCIADA A UM NÍVEL DE PROTEÇÃO CONTRA DESCARGAS ATMOSFÉRICAS	47
QUADRO XIII - CORRENTE MÍNIMA DE IMPULSO DE DESCARGA ATMOSFÉRICA ASSOCIADA A UM NÍVEL DE PROTEÇÃO CONTRA DESCARGAS ATMOSFÉRICAS	47
QUADRO XIV - PROBABILIDADE DE CORRENTES DE DESCARGA ATMOSFÉRICA	47
QUADRO XV - TIPO DE PERIGO PARA AS PESSOAS	48
QUADRO XVI - TAMANHO MÁXIMO DAS MALHAS	52
QUADRO XVII - MATERIAL, CONFIGURAÇÃO, SECÇÃO, DIÂMETROS E ESPESSURAS DE CONDUTORES DE CAPTAÇÃO, PONTAS DE CAPTAÇÃO PASSIVAS DE AR, ELÉTRODO DE TERRA E CONDUTORES DE DESCIDA	58
QUADRO XVIII - DISTÂNCIA HABITUAL ENTRE BAIXADAS NUMA GAIOLA/MALHA	60
QUADRO XIX - DIMENSÕES MÍNIMAS DOS CONDUTORES LIGADOS A DIFERENTES BARRAS DE EQUIPOTENCIALIDADE OU ENTRE AS BARRAS DE EQUIPOTENCIALIDADE E A TERRA	71
QUADRO XX - DIMENSÕES MÍNIMAS DOS CONDUTORES DE LIGAÇÃO ENTRE OS ELEMENTOS METÁLICOS INTERNOS E O LIGADOR AMOVÍVEL PRINCIPAL	71
QUADRO XXI - DIFERENÇAS ENTRE UM SPDA USANDO UM PDI (NP4426) E UM SPDA COM PARA-RAIOS DE HASTE SIMPLES	72
QUADRO XXII - ZONAS DE TRANSIÇÃO	84
QUADRO XXIII - CALIBRE DOS FUSÍVEIS/DESCARREGADORES DE SOBRETENSÃO	88
QUADRO XXIV - GUIA RÁPIDO PARA ESCOLHA DE SPD EM DIFERENTES SITUAÇÕES	90
QUADRO XXV - COMPARAÇÃO DE SISTEMAS DE PROTEÇÃO	92
QUADRO XXVI - VALORES TÍPICOS DE TENSÃO DE ISOLAMENTO	94



1 INTRODUÇÃO

Um para-raios é uma instalação de segurança destinada a proteger os edifícios e recintos dos efeitos das descargas atmosféricas.

O Regulamento Técnico de Segurança Contra Incêndio em Edifícios, publicado pela Portaria nº 135/2020, de 2 de junho (redação atual da Portaria nº 1532/2008, de 29 de dezembro), estabelece no artigo 191º a obrigatoriedade de instalação de para-raios em edifícios, de acordo com a disposição deste regulamento, que a seguir se transcreve:

Artigo 191º - Instalações de para-raios

Os edifícios em relação aos quais as descargas atmosféricas constituem um risco significativo de incêndio devem ser dotados de uma instalação de para-raios, de acordo com os critérios técnicos aplicáveis.

O desenvolvimento da presente Nota técnica visa estabelecer os critérios técnicos, para cumprimento dessa disposição regulamentar.

2 OBJETIVO

Apoiar os autores de projeto, de medidas de autoproteção e todos os elementos envolvidos no cumprimento da regulamentação sobre instalação de para-raios nas fases de planeamento, construção, instalação e manutenção, enunciando e descrevendo os vários tipos de sistemas de proteção de descargas atmosféricas (SPDA), suas características e especificações.

3 APLICAÇÃO

Na fase de projeto, instalação, manutenção e inspeção do sistema de proteção contra descargas atmosféricas (SPDA), de modo a cumprir as normas e especificações técnicas aplicáveis.

O projeto de segurança contra incêndio deve definir o cumprimento das prescrições obtidas dos Quadros I a X, isto é, as obrigações de instalar o SPDA, o nível de proteção I a IV e a periodicidade das verificações visual e da manutenção completa.

O projeto de especialidade de eletrotecnia desenvolve o projeto do SPDA, podendo alterar a prescrição dessas obrigações através de desempenho, determinando o nível de proteção do SPDA pelo método de análise de risco, que consta dos ANEXOS A.3 e A.4, e



consequentemente as correspondentes periodicidades da verificação visual e da manutenção completa.

Em matéria de instalação do SPDA, nos termos do n.º 1 do artigo 5º do Decreto-lei n.º 220/2008, de 12 de novembro, na redação dada pela Lei n.º 123/2019, de 18 de outubro, compete à ANEPC:

a) Apreciação do projeto de segurança contra incêndio:

Verificar se o projeto de segurança define o cumprimento das prescrições obtidas dos Quadros I a X, isto é, a obrigação de instalar o SPDA, o nível de proteção de I a IV e a periodicidade das verificações visuais e da manutenção completa;

b) Vistoria a realizar, nos termos do artigo 18º do Decreto-lei n.º 220/2008, de 12 de novembro, na redação dada pela Lei n.º 123/2019, de 18 de outubro:

Verificar se está instalado o SPDA previsto no projeto de segurança contra incêndio e no projeto de especialidade de eletrotecnia que dimensiona o sistema, confirmando a subscrição do termo de responsabilidade pelo diretor de obra ou pelo diretor de fiscalização de obra, no qual deve declarar que se encontram cumpridas as condições de SCIE;

c) Inspeção regular ou extraordinária, nos termos do artigo 19º do Decreto-lei n.º 220/2008, de 12 de novembro, na redação dada pela Lei n.º 123/2019, de 18 de outubro:

Durante as inspeções, deve ser verificado o cumprimento das manutenções e verificações previstas nas Medidas de Autoproteção aprovadas, através dos relatórios dos técnicos, arquivados nos registos de segurança, assim como, a verificação de registo atualizado na ANEPC das entidades que realizam as instalações e manutenções.

4 PROTEÇÃO E PREVENÇÃO CONTRA DESCARGAS ATMOSFÉRICAS

A proteção contra descargas atmosféricas (DA) de um edifício/recinto é obtida por meio de um sistema de proteção contra descargas atmosféricas (SPDA) composto por uma proteção externa do edifício/recinto (SPDAE) (captura, condutores de baixada, ligação à terra e equipotencialidade) e uma proteção interna (SPDAI) (blindagem, protetores contra sobretensões, circulação de condutores, distância entre o SPDA externo e circuitos internos à estrutura).

O SPDA é definido por uma eficácia caracterizada pelo seu “nível de proteção” que vai de I a IV, sendo o nível I o de maior eficácia.



No ponto 6.2 desta Nota Técnica apresentam-se informações sobre níveis de proteção.

Para definir o nível de proteção, utiliza-se uma técnica de “Análise de risco de descarga atmosférica”. Uma vez definido o nível de proteção necessário para o edifício/recinto, é possível posicionar os dispositivos de captura utilizando o modelo eletrogeométrico, ou outro método simplificado baseado neste, o número de condutores de baixada, a ligação à terra, bem como os protetores contra sobretensões Tipo 1 que fornecem equipotencialidade entre as redes elétricas/eletrónicas, que entram na estrutura, os protetores contra sobretensões Tipo 2 (se necessários) que protegem os equipamentos.

No ANEXO A.2 apresentam-se algumas informações gerais sobre descargas atmosféricas.

5 DEFINIÇÃO DE UM SPDA

Um sistema de proteção contra descargas atmosféricas inclui dois sistemas de proteção e de prevenção, complementares entre si, e que abaixo se descrevem:

O sistema de proteção externo tem como função captar descargas atmosféricas que, na sua ausência, teriam atingido o edifício ou estrutura, assim como, fazer fluir as correntes elétricas em direção à terra, sem que elas causem danos ao penetrar no interior do volume a ser protegido.

O sistema de proteção interno tem como função proteger as instalações e equipamentos elétricos interiores, bem como as pessoas, contra sobretensões conduzidas ou induzidas e aumentos de potencial. O elemento básico deste sistema interno é denominado de descarregador de sobretensões, que podem ser do tipo T1, T2 e T3 e que devem ser instalados conforme descrito nos pontos 12.7.4.3 e 12.7.4.7 desta Nota Técnica.

Os sistemas preventivos locais_Thunderstorm Warning System (TWS)_que são um dispositivo ou grupo de dispositivos, ou as redes de deteção (LLS), têm como função detetar e informar antecipadamente sobre um possível evento, relacionado com descargas atmosféricas, próximo do edifício/recinto (de 10 a 30 minutos por exemplo) permitindo que as pessoas se desloquem para um local seguro, que um processo perigoso possa ser interrompido ou que serviços de emergência possam ser postos em prática.

A definição de um SPDA, para um edifício/recinto, deverá cumprir as seguintes fases e procedimentos:

1. Uma análise de risco da descarga atmosférica (ARDA): ver quadros de I a X do ponto 6. do presente documento.
2. Um estudo técnico (ET): dependendo dos resultados da análise de risco de descargas atmosféricas, definem-se as medidas preventivas e dispositivos de proteção, e a sua localização, bem como as modalidades da sua verificação e manutenção.

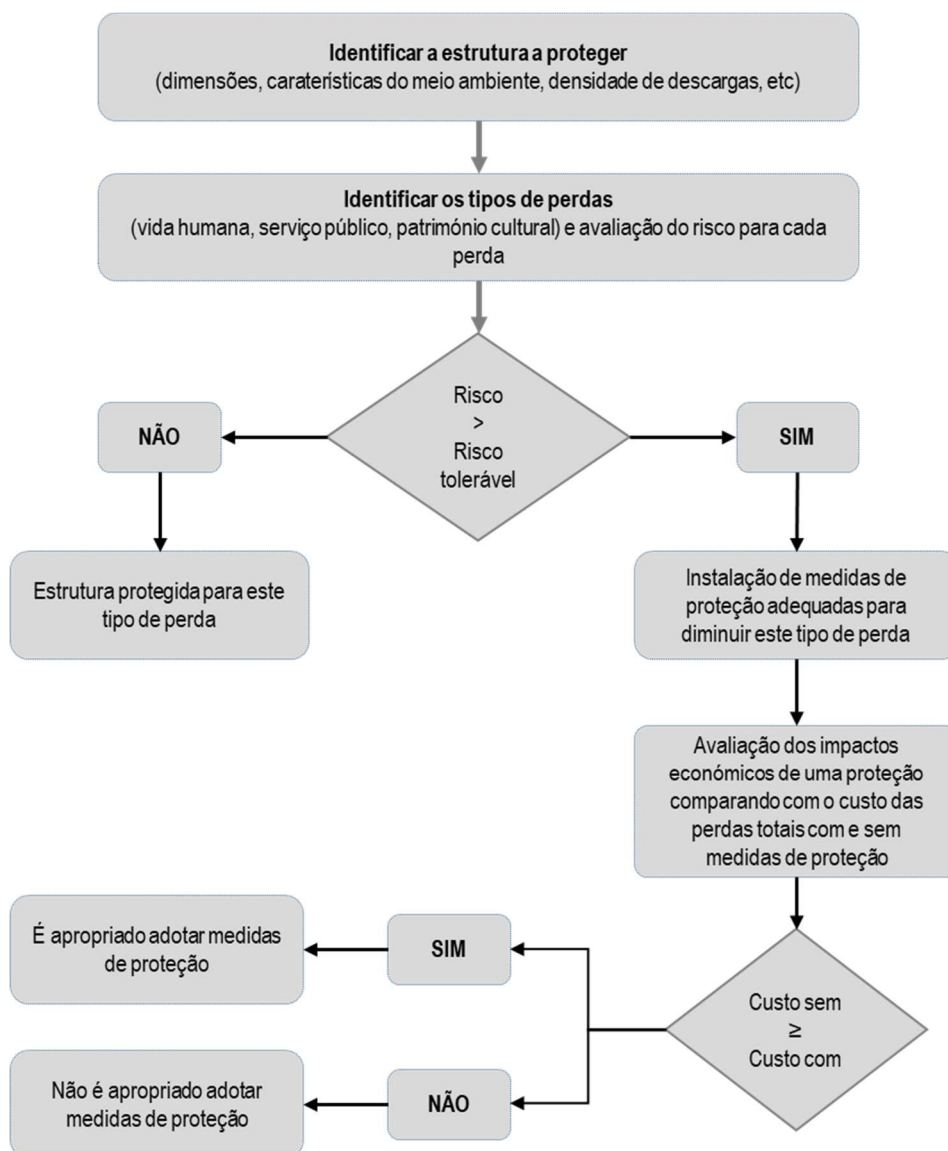


Figura 1 - Procedimentos para definição de um SPDA



6 FASES ESPECÍFICAS PARA AS INSTALAÇÕES DE PROTEÇÃO E PREVENÇÃO

Todas as fases específicas de uma instalação de proteção e prevenção devem ser objeto de um documento escrito. O conjunto dos documentos de todas as fases constituirá o documento de identificação da instalação.

6.1 Análise e avaliação do risco

A decisão de dotar um edifício/recinto de uma instalação de um sistema de proteção ou de prevenção contra descargas atmosféricas e seus efeitos, bem como a eficácia do sistema a instalar é baseada na análise do risco inerente aos efeitos possíveis de uma descarga atmosférica.

Para realizar essa análise utiliza-se o método de avaliação da norma NP EN 62303-2. Em algumas situações podem ser utilizados outros métodos simplificados baseados nesta última, as quais serão descritas mais à frente. Os quadros I a X indicam-nos a obrigatoriedade da ARDA em função da classificação do edifício nos termos do Decreto-Lei n.º 220/2008, de 12 de novembro, na sua redação atual, que estabelece o regime jurídico de segurança contra incêndio em edifícios e que caracteriza os edifícios quanto à sua utilização-tipo e categoria de risco.

Para edifícios/recintos em que o risco de incêndio não seja elevado ou, que o risco de incêndio seja elevado e o risco de pânico seja baixo (menos de 100 pessoas e edifício/recinto com menos de dois pisos) pode ser utilizado um método simplificado.

O nível de proteção de referência a considerar segundo o tipo de edifício/recinto será o indicado nos quadros I a X.

Se o nível de risco calculado for superior ao nível de risco apresentado nos quadros I a X, o nível de proteção a considerar será o do cálculo do risco.

O método de análise de risco encontra-se descrito no ANEXO A.3 e o método simplificado encontra-se descrito no ANEXO A.4

Os quadros seguintes indicam quando um SPDA é obrigatório e como deverá ser definido em função da categoria de risco da utilização-tipo determinada pelas colunas 1, 2 e 3.



Na coluna “Nível de proteção de referência”:

- “SO” – SPDA não é obrigatório
- Número em letra romana - SPDA é obrigatório e o seu nível de proteção de referência é indicado pelo número, caso não exista ARDA.
- No caso de o ARDA indicar valores de proteção inferiores, poderão estes serem aplicados, se devidamente justificados com documento demonstrativo dos parâmetros utilizados para o cálculo.

Na coluna “ARDA obrigatório”:

- “SIM” – análise do risco de DA é obrigatória
- “NÃO” - análise do risco de DA não é obrigatória

Notas:

1-Quando na coluna “ARDA obrigatório” é indicado “NÃO”, quer dizer que o SPDA não é obrigatório ficando ao critério do projetista e do proprietário do edifício decidir sobre a sua necessidade e em caso afirmativo determinar o nível de proteção do SPDA.

2-Quando uma análise de risco é obrigatória e um nível de risco de referência é indicado na coluna correspondente, se o nível de risco calculado for superior ao indicado, deve ser utilizado o nível calculado.

3-Nível de risco = nível de proteção.

4-Quando um edifício for coberto por dois quadros diferentes, com exigências diferentes relativamente à instalação de um SPDA será utilizada a situação mais exigente.

Exemplo: edifício habitacional de altura inferior a 50 m (ARDA obrigatório e nível de risco de referência do SPDA=IV) com serviços administrativos (ARDA obrigatório e nível de risco de referência do SPDA=III) o nível de risco/proteção a utilizar será III.

4-No intervalo das manutenções completas devem ser feitas verificações visuais a cada 6 meses.

5-O método simplificado é um método que é baseado na NP EN62305-2, mas apenas pode ser utilizado, conforme descrito no método, se o edifício/recinto obedecer às condições: o risco de incêndio não seja elevado ou, que o risco de incêndio seja elevado e o risco de pânico seja baixo (menos de 100 pessoas e edifício/recinto com menos de dois pisos). Caso contrário é obrigatório utilizar o método completo (NP EN 62305-2). Quando utilizado o método simplificado deve aparecer uma explicação dos parâmetros utilizados no relatório de análise de risco.



QUADRO I - Categorias de risco da utilização-tipo I «Habitacionais»

Categoria	Critérios referentes à utilização-tipo I		Definição SPDA		Periodicidade de manutenção completa
	Altura da UT I	N.º de pisos ocupados pela UT I abaixo do plano de referência (*)	ARDA obrigatório	Nível de proteção de referência	Intervalo entre manutenções para o nível indicado (anos)
1ª	≤ 9 m	≤ 1	NÃO	S0	S0
2ª	≤ 28 m	≤ 3	SIM	S0	S0
3ª	≤ 50 m	≤ 5	SIM	IV	2 a)
4ª	> 50 m	> 5	SIM	IV	2 a)

(*) não são contabilizados os pisos destinados exclusivamente a instalações e equipamentos técnicos que apenas impliquem a presença de pessoas para fins de manutenção e reparação, e/ou que disponham de instalações sanitárias.

a) no caso de o valor obtido segundo o cálculo do risco ser superior ao risco de referência, a periodicidade das manutenções deverá estar de acordo com o valor de risco calculado (nível I e II todos os anos; nível III e IV cada dois anos).

QUADRO II - Categorias de risco da utilização-tipo II «Estacionamentos»

Categoria	Critérios referentes à utilização-tipo II (quando integrada em edifício)			Ao ar livre	Definição SPDA		Periodicidade de manutenção completa
	Altura da UT II	Área bruta ocupada pela UT II	Nº de pisos ocupados pela UT II abaixo do plano de referência (*)		ARDA obrigatório	Nível de proteção de referência	Intervalo entre manutenções para o nível indicado (anos)
1ª	-			SIM	NÃO	S0	S0
	≤ 9 m	≤ 3 200 m ²	≤ 1	NÃO	NÃO	S0	S0
2ª	≤ 28 m	≤ 9 000 m ²	≤ 3	NÃO	SIM	S0	S0
3ª	≤ 28 m	≤ 32 000 m ²	≤ 5	NÃO	SIM	III	2 a)
4ª	> 28 m	> 32 000 m ²	> 5	NÃO	SIM	III	2 a)

(*) não são contabilizados os pisos destinados exclusivamente a instalações e equipamentos técnicos que apenas impliquem a presença de pessoas para fins de manutenção e reparação, e/ou que disponham de instalações sanitárias.

a) no caso de o valor obtido segundo o cálculo do risco ser superior ao risco de referência, a periodicidade das manutenções deverá estar de acordo com o valor de risco calculado (nível I e II todos os anos; nível III e IV cada dois anos).



QUADRO III - Categorias de risco da utilização-tipo III «Administrativos»

Categoria	Critérios referentes à utilização-tipo III		Definição SPDA		Periodicidade de manutenção completa
	Altura da UT III	Efetivo da UT III	ARDA obrigatório	Nível de proteção de referência	Intervalo entre manutenções para o nível indicado (anos)
1ª	≤ 9 m	≤ 100	NÃO	SO	SO
2ª	≤ 28 m	≤ 1 000	SIM	SO	SO
3ª	≤ 50 m	≤ 5 000	SIM	III	2 a)
4ª	> 50 m	> 5 000	SIM	III	2 a)

a) no caso de o valor obtido segundo o cálculo do risco ser superior ao risco de referência, a periodicidade das manutenções deverá estar de acordo com o valor de risco calculado (nível I e II todos os anos; nível III e IV cada dois anos).

QUADRO IV - Categorias de risco UT IV «Escolares» e V «Hospitalares e lares de idosos»

Categoria	Critérios referentes à utilização-tipo IV e V			Locais de risco D ou E com saídas independentes diretas ao exterior no plano de referência	Definição SPDA		Periodicidade de manutenção completa
	Altura da UT IV ou V	Efetivo	Efetivo em locais de risco D ou E		ARDA obrigatório	Nível de proteção de referência	Intervalo entre manutenções para o nível indicado (anos)
1ª	≤ 9 m	≤ 100	≤ 25	Aplicável a todos	SIM	SO	SO
2ª	≤ 9 m	(*) ≤ 500	≤ 100	Não Aplicável	SIM	III	SO
3ª	≤ 28 m	(*) ≤ 1 500	≤ 400	Não Aplicável	SIM	II	1 a)
4ª	> 28 m	> 1 500	> 400	Não Aplicável	SIM	II	1 a)

(*) nas utilizações-tipo IV, onde não existam locais de risco D ou E, os limites máximos do efetivo das 2.ª e 3.ª categorias de risco podem aumentar em 50 %.

a) no caso de o valor obtido segundo o cálculo do risco ser superior ao risco de referência, a periodicidade das manutenções deverá estar de acordo com o valor de risco calculado (nível I e II todos os anos; nível III e IV cada dois anos).



**QUADRO V - Categorias de risco das UT VI «Espetáculos e reuniões públicas» e IX
«Desportivos e de lazer»**

Categoria	Critérios referentes à utilização- tipo VI e IX			Ao ar livre	Definição SPDA		Periodicidade de manutenção completa
	Altura da UT VI ou IX	N.º de pisos ocupados pela UT VI ou IX abaixo do plano de referência (*)	Efetivo da UT VI ou IX	Efetivo da UT VI ou IX	ARDA obrigatório	Nível de Proteção de referência	Intervalo entre manutenções para o nível indicado (anos)
1ª	-			≤ 1 000	NÃO	S0	S0
	≤ 9 m	0	≤ 100	-	NÃO	S0	S0
2ª	-			≤ 15 000	SIM	S0	S0
	≤ 28 m	≤ 1	≤ 1 000	-	SIM	S0	S0
3ª	-			≤ 40 000	SIM	III	2 a)
	≤ 28 m	≤ 2	≤ 5 000	-	SIM	III	2 a)
4ª	-			> 40 000	SIM	III	2 a)
	> 28 m	> 2	> 5 000	-	SIM	III	2 a)

(*) não são contabilizados os pisos destinados exclusivamente a instalações e equipamentos técnicos que apenas impliquem a presença de pessoas para fins de manutenção e reparação, e/ou que disponham de instalações sanitárias.

a) no caso de o valor obtido segundo o cálculo do risco ser superior ao risco de referência, a periodicidade das manutenções deverá estar de acordo com o valor de risco calculado (nível I e II todos os anos; nível III e IV cada dois anos).



QUADRO VI - Categorias de risco da utilização-tipo VII «Hoteleiros e restauração»

Categoria	Critérios referentes à utilização-tipo VII			Locais de risco E com saídas independentes diretas ao exterior no plano de referência	Definição SPDA		Periodicidade de manutenção completa
	Altura da UT VII	Efetivo da UT VII			ARDA obrigatório	Nível de proteção de referência	Intervalo entre manutenções para o nível indicado (anos)
		Efetivo	Efetivo em locais de risco E				
1ª	≤ 9 m	Aplicável a todos	≤ 50	Aplicável a todos	NÃO	S0	S0
2ª	≤ 28 m	Não Aplicável	≤ 200	Não Aplicável	SIM	S0	S0
3ª	≤ 28 m	Não Aplicável	≤ 800	Não Aplicável	SIM	III	2 a)
4ª	> 28 m	Não Aplicável	> 800	Não Aplicável	SIM	III	2 a)

(*) não são contabilizados os pisos destinados exclusivamente a instalações e equipamentos técnicos que apenas impliquem a presença de pessoas para fins de manutenção e reparação, e/ou que disponham de instalações sanitárias.

a) no caso de o valor obtido segundo o cálculo do risco ser superior ao risco de referência, a periodicidade das manutenções deverá estar de acordo com o valor de risco calculado (nível I e II todos os anos; nível III e IV cada dois anos).

QUADRO VII - Categorias de risco da utilização-tipo VIII «Comerciais e gares de transportes»

Categoria	Critérios referentes à utilização-tipo VIII			Definição SPDA		Periodicidade de manutenção completa
	Altura da UT VIII	Número de pisos ocupados pela UT VIII abaixo do plano de referência (*)	Efetivo da UT VIII	ARDA obrigatório	Nível de proteção de referência	Intervalo entre manutenções para o nível indicado (anos)
1ª	≤ 9 m	0	≤ 100	NÃO	S0	S0
2ª	≤ 28 m	≤ 1	≤ 1 000	SIM	S0	S0
3ª	≤ 28 m	≤ 2	≤ 5 000	SIM	IV	2 a)
4ª	> 28 m	> 2	> 5 000	SIM	III	2 a)

(*) não são contabilizados os pisos destinados exclusivamente a instalações e equipamentos técnicos que apenas impliquem a presença de pessoas para fins de manutenção e reparação, e/ou que disponham de instalações sanitárias.

a) no caso de o valor obtido segundo o cálculo do risco ser superior ao risco mínimo, a periodicidade das manutenções deverá estar de acordo com o valor de risco calculado (nível I e II todos os anos; nível II e IV cada dois anos).



QUADRO VIII - Categorias de risco da utilização-tipo X «Museus e galerias de arte»

Categoria	Critérios referentes à utilização-tipo X		Definição SPDA		Periodicidade de manutenção completa
	Altura da UT X	Efetivo da UT X	ARDA obrigatório	Nível de proteção de referência	Intervalo entre manutenções para o nível indicado (anos)
1ª	≤ 9 m	≤ 100	NÃO	S0	S0
2ª	≤ 28 m	≤ 500	SIM	S0	S0
3ª	≤ 28 m	≤ 1 500	SIM	III	2 a)
4ª	> 28 m	> 1 500	SIM	III	2 a)

a) no caso de o valor obtido segundo o cálculo do risco ser superior ao risco de referência, a periodicidade das manutenções deverá estar de acordo com o valor de risco calculado (nível I e II todos os anos; nível III e IV cada dois anos).

QUADRO IX - Categorias de risco da utilização-tipo XI «Bibliotecas e arquivos»

Categoria	Altura da UT XI	N.º de pisos ocupados pela UT XI abaixo do plano de referência (*)	Efetivo da UT XI	Carga de incêndio modificada da UT XI (**)	Definição SPDA		Periodicidade de manutenção completa
					ARDA obrigatório	Nível de proteção de referência	Intervalo entre manutenções para o nível indicado (anos)
1ª	≤ 9 m	0	≤ 100	≤ 1 000 MJ/m ²	NÃO	S0	S0
2ª	≤ 28 m	≤ 1	≤ 500	≤ 10 000 MJ/m ²	SIM	S0	S0
3ª	≤ 28 m	≤ 2	≤ 1 500	≤ 30 000 MJ/m ²	SIM	II	1 a)
4ª	> 28 m	> 2	> 1 500	> 30 000 MJ/m ²	SIM	II	1 a)

(*) não são contabilizados os pisos destinados exclusivamente a instalações e equipamentos técnicos que apenas impliquem a presença de pessoas para fins de manutenção e reparação, e/ou que disponham de instalações sanitárias.

(**) nas utilizações-tipo XI, destinadas exclusivamente a arquivos, os limites máximos da densidade de carga de incêndio modificada devem ser 10 vezes superiores aos indicados neste quadro.

a) no caso de o valor obtido segundo o cálculo do risco ser superior ao risco de referência, a periodicidade das manutenções deverá estar de acordo com o valor de risco calculado (nível I e II todos os anos; nível III e IV cada dois anos).



QUADRO X - Categorias de risco da utilização-tipo XII «Industriais, oficinas e armazéns»

Categoria	Critérios referentes à utilização-tipo XII			Definição SPDA		Periodicidade de manutenção completa
	Integrada no edifício		Ao ar livre	ARDA obrigatório	Nível de proteção de referência	Intervalo entre manutenções para o nível indicado (anos)
	Carga de incêndio modificada da UT XII (**)	N.º de pisos ocupados pela UT XII abaixo do plano de referência (*)	Carga de incêndio modificada da UT XII (**)			
1ª	(*) ≤ 500 MJ/m ²	0	(*) ≤ 1 000 MJ/m ²	SIM	S0	S0
2ª	(*) ≤ 5 000 MJ/m ²	≤ 1	(*) ≤ 10 000 MJ/m ²	SIM	S0	S0
3ª	(*) ≤ 15 000 MJ/m ²	≤ 1	(*) ≤ 30 000 MJ/m ²	SIM	II	1 a)
4ª	(*) > 15 000 MJ/m ²	> 1	(*) > 30 000 MJ/m ²	SIM	II	1 a)

(*) não são contabilizados os pisos destinados exclusivamente a instalações e equipamentos técnicos que apenas impliquem a presença de pessoas para fins de manutenção e reparação, e/ou que disponham de instalações sanitárias.

(**) nas utilizações-tipo XII, destinadas exclusivamente a armazéns, os limites máximos da densidade de carga de incêndio modificada devem ser 10 vezes superiores aos indicados neste quadro.

a) no caso de o valor obtido segundo o cálculo do risco ser superior ao risco de referência, a periodicidade das manutenções deverá estar de acordo com o valor de risco calculado (nível I e II todos os anos; nível III e IV cada dois anos).

Noção de nível de proteção - eficácia de proteção

A norma NP EN 62305-2 trata do cálculo do risco relativo aos edifícios que deve levar à instalação de proteção contra descargas atmosféricas, ou não, e também da escolha da eficácia da proteção caso seja necessária.

Em alguns casos, os fatores pessoais ou económicos podem ser muito importantes e devem ser levados em consideração independentemente do resultado do cálculo do risco envolvido. Por outro lado, edifícios com risco inerente, como, por exemplo, fábricas de explosivos, requerem a melhor proteção possível. Para todos os outros edifícios, o cálculo do risco incorrido leva a determinar a eficácia da proteção necessária.

Essa eficiência reflete-se em termos do nível de proteção. Os níveis variam de I a IV, sendo o nível I o de melhor eficácia.



Em alguns casos (por exemplo, nas instalações sensíveis) as medidas de proteção consideradas para o nível I podem não ser suficientes, pelo que, se deverá aumentar a eficácia das medidas de proteção ou aplicar medidas adicionais, considerando um nível de proteção I+ e I++ (norma NP 4426) e melhores características dos descarregadores de sobretensões (NP EN 62305-2 – valores de PEB).

6.2 Projeto (ET-estudo técnico)

Uma vez realizada a ARDA deve passar-se à fase de projeto onde são definidas as medidas de proteção e prevenção a adotar. O projeto é baseado nos resultados da ARDA.

No final do projeto (ET-estudo técnico) deverá ser constituído um documento escrito, apresentando as várias fases do projeto, justificações, cálculos e planos e o mesmo deverá constar do documento de identificação da instalação.

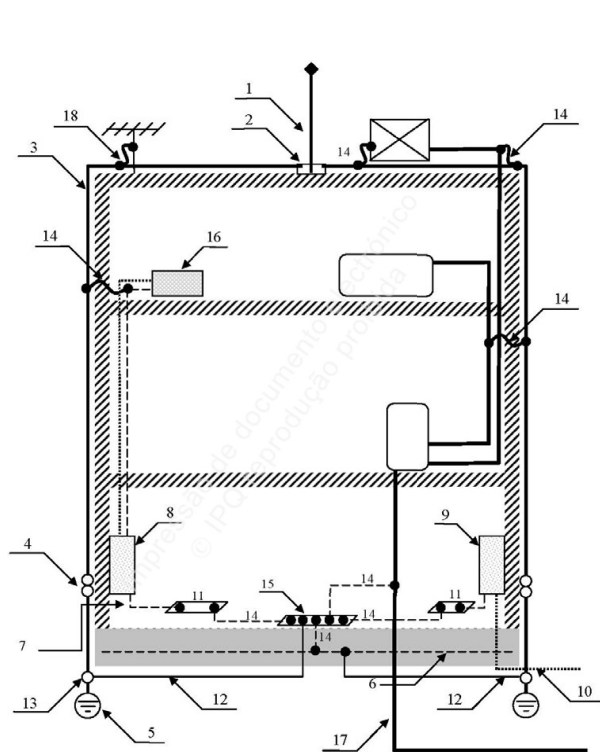
7 INSTALAÇÕES DE PROTEÇÃO CONTRA DESCARGAS ATMOSFÉRICAS DIRETAS

Com base no projeto (ET) deve proceder-se à instalação, realizada por entidade competente registada na ANEPC, respeitando o presente documento e as normas em vigor.

No final da instalação deverá ser apresentado um termo de responsabilidade do técnico responsável da entidade que executou a instalação.

Uma instalação de proteção compreende vários elementos eletricamente ligados uns aos outros:

- um ou mais dispositivos de captura de descargas atmosféricas;
- condutores de telhado que podem ser usados para capturar descargas atmosféricas ou simplesmente ligar um dispositivo de captura aos condutores de baixada;
- condutores de baixada;
- ligações à terra;
- componentes adicionais que permitem a ligação desses vários elementos ou fornecem funções adicionais.



Legenda:

- 1 um ou mais elementos captadores passivos ou ativos
- 2 componente de ligação
- 3 um ou mais condutores de baixada específicos
- 4 um ligador amovível para cada condutor de baixada específico
- 5 um sistema de terras para cada condutor de baixada específico
- 6 sistema de terras das fundações (rede de terras da estrutura)
- 7 cabo de alimentação
- 8 quadro de distribuição de energia com protetores de sobretensões
- 9 quadro principal de distribuição de telecomunicações, com protetores de sobretensões
- 10 cabo de telecomunicações com protetores de sobretensões
- 11 uma ou mais barras de equipotencialização
- 12 um ou mais ligadores de equipotencialização entre os sistemas de terra
- 13 dispositivo de ligação desconectável
- 14 um ou mais ligadores de equipotencialização direta ou através de um disruptor de proteção
- 15 terminal principal de terras
- 16 materiais elétricos
- 17 canalização metálica
- 18 um ou mais ligador(es) de equipotencialização através de um descarregador para o mastro de antena

Figura 2 - Representação esquemática dos componentes do sistema de proteção contra descargas atmosféricas

Os componentes do SPDA devem estar em conformidade com as normas existentes e, em particular, com a série de normas NP EN 62561, que atendem aos requisitos dos componentes do SPDA.

Para mais informações sobre instalações de proteção contra descargas atmosféricas diretas consultar o ANEXO A.5.

8 SISTEMAS DE PREVENÇÃO

Os sistemas de prevenção são usados em complemento ao sistema de proteção contra descargas atmosféricas, com vista a diminuir o risco de uma instalação.

Os sistemas de prevenção têm como função alertar os serviços responsáveis da aproximação de uma trovoadas.

Com a aproximação de uma trovoadas, existe a possibilidade de ocorrerem impactos que podem ser perigosos para o edifício e conseqüentemente causarem danos nos mesmos. Uma vez conhecida a aproximação das trovoadas, os serviços responsáveis podem tomar medidas preventivas de forma a diminuir a probabilidade de ocorrerem danos e em conseqüência diminuir o risco.



Os sistemas de alerta podem ser dados por detetores de trovoadas locais (TWS) ou por redes de deteção LLS.

Ambos os sistemas devem estar conforme as normas correspondentes (ver ponto 11 da presente Nota Técnica).

Em caso de alerta, as medidas a tomar devem ser objeto de procedimentos escritos e conhecidos de todos os envolvidos. Sem a existência desses procedimentos escritos, que devem fazer parte do documento de identificação da instalação, os sistemas de alerta não serão considerados efetivos para a diminuição do risco.

Para mais informações sobre sistemas de alerta (TWS e LLS) consultar normas em vigor.

9 SISTEMA INTERNO DE PROTEÇÃO CONTRA DESCARGAS ATMOSFÉRICAS

A dependência de equipamentos elétricos e eletrónicos continua a aumentar, tanto na vida profissional quanto na vida privada. As redes de dados em empresas ou instalações de emergência, como hospitais e bombeiros, são linhas essenciais para a troca de informações em tempo real. Os bancos de dados sensíveis necessitam de caminhos de transmissão confiáveis.

Não são apenas as descargas atmosféricas que representam uma ameaça latente a esses sistemas. Cada vez mais frequentemente, os dispositivos eletrónicos de hoje são danificados por sobretensões causadas por descargas atmosféricas remotas ou por operações de manobra em grandes sistemas elétricos.

Para mais informações sobre sistema interno de proteção contra descargas atmosféricas consultar ANEXO A.7.

10 MANUTENÇÃO E VERIFICAÇÕES DE ROTINA DE UM SPDA

Durante o ciclo de vida dos edifícios ou recintos é responsabilidade do responsável de segurança zelar pela operacionalidade dos equipamentos de segurança contra incêndios, devendo, para o efeito, criar equipas de manutenção para verificações e recorrer a entidades externas de manutenção, certificadas pela ANEPC, para as ações de manutenção periódicas.

Nota: é recomendável que o nome e o número de telefone da empresa de manutenção sejam afixados no posto de segurança ou, caso não exista, em local de fácil acesso.



Nos quadros do ponto 6.1 desta Nota Técnica são indicadas as periodicidades de verificação visual e de manutenção completa segundo o nível de risco.

Nota: é recomendado testar o funcionamento das medidas de proteção contra descargas internas, incluindo a ligação equipotencial da proteção contra DA, ao mesmo tempo.

10.1 Rotina de Verificação e Manutenção

Deve ser implementada uma rotina de manutenção e assistência técnica. Esta rotina destina-se a assegurar o funcionamento correto e continuado do SPDA.

Segundo as normas NP EN 62305-3 e 4 e NP 4426 são definidos procedimentos de manutenção periódica e de relatórios de testes, de modo a garantir o funcionamento eficiente do SPDA, pelo que, deve ser adotada uma rotina de verificação e manutenção e criados registos com os relatórios das verificações e manutenção, conforme n.º 1 do art.º 201 do RTSCIE e termos de responsabilidade pela manutenção, conforme minutas constantes da Nota Técnica 02 da ANEPC.

No capítulo da regulamentação das instalações elétricas encontram-se as Regras Técnicas das Instalações Elétricas de Baixa Tensão (RTIEBT), aprovadas pela Portaria n.º 949-A/2006, de 11 de setembro, e alteradas pela Portaria n.º 252/2015, de 19 de agosto, que também aborda a manutenção das instalações do SPDA, sendo as mesmas alvo de verificações e de ensaios periódicos.

10.1.1 Verificação visual

Os pontos mencionados no relatório deverão ser:

- Nenhum dano relacionado com descargas atmosféricas foi observado;
- A integridade da captura não é alterada;
- Extensão ou modificação da estrutura protegida requer a aplicação de medidas adicionais de proteção contra descargas atmosféricas;
- Está garantida a continuidade elétrica dos condutores visíveis;
- Todas as fixações e proteções mecânicas dos componentes estão em bom estado;
- Nenhuma peça foi danificada pela corrosão;
- A distância de separação é respeitada, o número de ligações equipotenciais é suficiente e seu o estado é correto de conservação não está comprometido;
- Os resultados das operações de manutenção são verificados e registados.



Qualquer anomalia observada e respetiva ação corretiva deve ser incluída nos registos de segurança das Medidas de Autoproteção.

10.1.2 Manutenção completa

Além do mencionado para a verificação visual a manutenção completa inclui adicionalmente o seguinte:

Devem ser realizados os seguintes ensaios do SPDA:

- Realização de ensaios de continuidade, especialmente a continuidade das partes do SPDA que não estão visíveis para inspeção durante a instalação inicial e que não estarão posteriormente disponíveis para inspeção visual;
- Realização de ensaios de resistência de ligação à terra do sistema de ligação à terra. Deverão ser efetuadas medições e verificações de resistência de ligação à terra, isoladas e combinadas, e deverão ser registados os resultados no relatório de inspeção do SPDA.

Nota: as medições de alta frequência, ou de impulso, são possíveis e são úteis para determinar o comportamento em alta frequência, ou de impulso, do sistema de ligação à terra. Estas medições poderão ser efetuadas na fase da instalação, bem como, periodicamente para a manutenção do sistema de ligação à terra, de forma a verificar a adequação entre o sistema de ligação à terra projetado e as necessidades.

Cada eletrodo de terra local deverá ser medido, isolado da junta de ensaio, entre o condutor de baixada e o eletrodo de terra, na posição de seccionamento (medição isolada).

Nota: para as redes de ligação à terra que incorporam, quer hastes de terra verticais, quer um eletrodo de terra em anel, parcial ou completo, deverá ser efetuado o seccionamento e os ensaios na caixa de medição de terra. Se essa inspeção é difícil de realizar, o ensaio de série individual deverá ser completado por ensaios de alta-frequência ou por ensaio ao choque.

Se a resistência de ligação à terra, do sistema de ligação à terra, como um todo, exceder 10 Ohms, o sistema de ligação à terra, deverá ser aperfeiçoado através da instalação de eletrodos de terra adicionais ou da instalação de um novo sistema.



Se existir um aumento ou uma diminuição significativa no valor da resistência da ligação à terra, deverão ser averiguadas as razões desta alteração.

Para elétrodos de terra em solo rochoso, deverão ser seguidos os requisitos da secção E.5.4.3.5 de EN 62305-3. O requisito de 10 Ohms não é aplicável neste caso.

Os descarregadores de sobretensões sem o indicador visual necessitam de ser submetidos a ensaio, preferencialmente aplicando as orientações fornecidas pelo fabricante ou utilizando o equipamento fornecido pelo mesmo fabricante.

O programa de manutenção deverá conter as disposições seguintes:

- Verificação de todos os condutores do SPDA e componentes do sistema;
- Verificação da continuidade elétrica da instalação do SPDA;
- Medição da resistência da ligação à terra dos sistemas de ligação à terra;
- Verificação dos descarregadores de sobretensões;
- Reaperto dos componentes e dos condutores;
- Verificação destinada a assegurar que a eficácia do SPDA não foi reduzida, após aditamentos ou alterações na estrutura ou nas suas instalações.

Preferencialmente devem ser cumpridas as recomendações de manutenção completa elaboradas pelo fabricante.

Qualquer anomalia observada e respetiva ação corretiva deve ser incluída nos registos de segurança das Medidas de Autoproteção.

10.2 Documentação

Deverão ser mantidos os registos completos de todos os procedimentos de manutenção, incluindo ações corretivas, registados no livro de registo de ocorrências que é uma das partes das Medidas de Autoproteção (ver Nota Técnica 21 da ANEPC).

Os registos dos procedimentos de manutenção deverão fornecer meios de avaliação dos componentes e da instalação do SPDA.

O registo de manutenção do SPDA deverá servir de documento base para revisão dos procedimentos de manutenção, bem como, para a atualização dos programas de manutenção.

Os registos de manutenção do SPDA deverão ser mantidos juntamente com os registos de conceção e de inspeção do SPDA.



As verificações de rotina a realizar na periodicidade indicadas nas medidas de autoproteção, devem ser efetuadas por operador designado pelo responsável de segurança, se dispuser da competência técnica e dos meios necessários.

As ações de manutenção a realizar anualmente, ou sempre que se justifique, devem ser efetuadas por entidade registada na ANEPC para efeito de manutenção deste sistema.

11 REFERÊNCIAS LEGISLATIVAS E NORMATIVAS

Proteção direta

Sistemas com dispositivo de ionização não radioativo

- NP 4426 -Proteção contra descargas atmosféricas – Sistemas com dispositivo de ionização não radiativo

Sistemas passivos

- NP EN 62305-1 - Proteção contra descargas atmosféricas; Parte 1: Princípios Gerais
(Protection against lightning - Part 1: General principles)
- NP EN 62305-2 - Proteção contra descargas atmosféricas; Parte 2: Avaliação do Risco
(Protection against lightning - Part 2: Risk management)
- NP EN 62305-3 - Proteção contra descargas atmosféricas; Parte 3: Danos físicos a estruturas e riscos humanos
(Protection against lightning - Part 3: Physical damage to structures and life hazard)

Componentes do SPDA

- NP EN 62561-1 - Componentes de sistemas de proteção contra descargas atmosféricas (CSPDA); Parte 1: Requisitos para componentes de ligação
(Lightning protection system components (LPSC) - Part 1: Requirements for connection components)
- NP EN 62561-2 - Componentes de sistemas de proteção contra descargas atmosféricas (LPSC); Parte 2: Requisitos para condutores e elétrodos de terra
(Lightning protection system components (LPSC) - Part 2: Requirements for conductors and earth electrodes)
- NP EN 62561-3 - Componentes de sistemas de proteção contra descargas atmosféricas (LPSC); Parte 3: Requisitos para isolar terras (ISG)
(Lightning



protection system components (LPSC) - Part 3: Requirements for isolating spark gaps (ISG))

- NP EN 62561-4 - Componentes de sistemas de proteção contra descargas atmosféricas (CSPDA); Parte 4: Requisitos para as fixações de condutores (*Protection system components (LPSC) - Part 4: Requirements for conductor fasteners*)
- NP EN 62561-5 - Componentes de sistemas de proteção contra descargas atmosféricas (CSPDA); Parte 5: Requisitos para as caixas de visita e juntas de estanquidade dos elétrodos de terra (*Lightning protection system components (LPSC) - Part 5: Requirements for earth electrode inspection housings and earth electrode seals*)
- NP EN 62561-6 - Componentes de sistemas de proteção contra descargas atmosféricas (CSPDA); Parte 6: Requisitos para contadores de descargas atmosféricas (CDA) (*Lightning protection system components (LPSC) - Part 6: Requirements for lightning strike counters (LSC)*)
- NP EN 62561-7 - Componentes de sistemas de proteção contra descargas atmosféricas (LPSC); Parte 7: Requisitos para componentes de reforço de ligação à terra (melhoradores de terra) (*Lightning protection system components (LPSC) - Part 7: Requirements for earthing enhancing compounds*)
- IEC TS 62561-8 - Lightning Protection System Components (LPSC); Part 8: Requirements For Components For Isolated LPS (*Componentes para sistemas de proteção contra descargas atmosféricas (LPSC) - Parte 8 requisitos para SPDA isolados*)
- CLC TS 50703-1 - Lightning Protection System Components (LPSC) - Part 1: Testing requirements for metal sheets' joints used in LPS (*Componentes para sistemas de proteção contra descargas atmosféricas (LPSC) - Testes específicos para placas de metal utilizados num SPDA*)
- CLC TS 50703-2 - Lightning Protection System Components (LPSC) Specific testing requirements for LPS components used in explosive atmospheres (*Componentes para sistemas de proteção contra descargas atmosféricas (LPSC) - Testes específicos para componentes utilizados em atmosferas explosivas*)

Proteção de pessoas

- IEC TR 62713 - Safety Procedures For Reduction Of Risk Outside A Structure (*Medidas para reduzir o risco no exterior de uma estrutura*)



Proteção interna (efeitos eletromagnéticos da corrente da descarga atmosférica)

- IEC 62305-4 -Proteção contra descargas atmosféricas - Parte 4 - Sistemas elétricos e eletrónicos em estruturas (*Protection against lightning - Part 4: Electrical and electronic systems within structures*)
- EN 61643-21 - Dispositivos de proteção contra as sobretensões conectados a redes de telecomunicações e sinalização - Parte 21: Prescrições de desempenho e métodos de ensaio (*Surge protective devices Part 21: Surge protective devices connected to telecommunications and signalling networks - Performance requirements and testing methods*)
- NP EN 61643- 11 - Dispositivos de proteção contra as sobretensões de baixa tensão Parte 11: Dispositivos de proteção contra as sobretensões conectados a redes de distribuição de baixa tensão - Requisitos e métodos de ensaio (*Low-voltage surge protective devices - Part 11: Surge protective devices connected to low-voltage power systems - Requirements and test methods*)
- CLC TS 61643-12 -Para-raios de baixa tensão Parte 12: Para-raios conectados às redes de distribuição de baixa tensão. Princípios de escolha e de aplicação (*Low-voltage surge protective devices - Part 12: Surge protective devices connected to low-voltage power distribution systems - Selection and application principles*).
- CLC TS 61643-22 - Dispositivos de proteção contra as sobretensões conectados a redes de sinalização e telecomunicações - Princípios de seleção e aplicação (*Low-voltage surge protective devices - Part 22: Surge protective devices connected to telecommunications and signal ling networks - Selection and application principles*)
- NP EN 61643-31 - Descarregadores de sobretensões de baixa tensão - Parte 31: descarregadores de sobretensões para uso específico incluindo em corrente contínua - Requisitos e métodos de ensaio para SPD para instalações fotovoltaica (Low-voltage surge protective devices - Part 31: Requirements and test methods for SPDs for photovoltaic installations (IEC 61643-31:2018 modified)
- IEC 61643-32 - Low-voltage surge protective devices - Part 32: Surge protective devices connected to the d.c. side of photovoltaic installations - Selection and application principles (*Dispositivos de proteção contra sobretensões - Parte 32: Dispositivos de proteção contra sobretensões conectados ao lado DC de instalações fotovoltaicas - seleção e aplicação*)



- NP EN 50539-11 - Dispositivos de proteção contra baixa tensão; Dispositivos de proteção para aplicações específicas incluindo a corrente contínua; Parte 11: Requisitos e ensaios para dispositivos de proteção conectados às instalações fotovoltaicas (*low-voltage surge protective devices - surge protective devices for specific application including d.c. part 11: requirements and tests for spds in photovoltaic applications*)
- CLC TS 50539-12 - Para-raios de baixa tensão - Para-raios para aplicações específicas incluindo a corrente contínua Parte 12: Princípios de aplicação 6 Para-raios conectados às instalações fotovoltaicas (*Low-voltage surge protective devices - Surge protective devices for specific application including d.c. Part 12: Selection and application principles - SPDs connected to photovoltaic installations*)
- CLC TS 51643-32- Descarregadores de sobretensões para baixa tensão - Parte 32: descarregadores de sobretensões ligados ao lado DC das instalações fotovoltaicas - Seleção e princípios de aplicação (*Low-voltage surge protective devices - Part 32: Surge protective devices connected to the DC side of photovoltaic installations - Selection and application principles*)
- IEC 60364-5-53- Instalações elétricas de edifícios - Parte 5-53: Seleção e instalação dos equipamentos elétricos - Isolação, seccionamento e controlo - Secção 534: Dispositivos de proteção contra sobretensões (*Low-voltage electrical installations - Part 5-53: Selection and erection of electrical equipment - Devices for protection for safety, isolation, switching, control and monitoring*)
- CLC TS 50539-22 - Para-raios de baixa tensão - Para-raios para aplicações específicas incluindo a corrente contínua - Parte 22: Princípios de escolha e de aplicação - Para-raios conectados às instalações eólicas (*Low-voltage surge protective devices - Surge protective devices for specific application including d.c. - Part 22: Selection and application principles - Wind turbine applications*)
- CLC TS 50544- dispositivos de proteção contra as sobretensões de baixa tensão em corrente contínua para sistemas de tração - Regras de seleção e de aplicação para os dispositivos de proteção contra sobretensões (*Low voltage d.c. surge protective device for traction systems - Selection and application rules for surge arresters*)
- CLC TR 50656- SPD application in conjunction with Class II equipment (*DST aplicação em conjunto com equipamento classe II*)



Deteção e prevenção

- EN IEC 62793 - Protection Against Lightning - Thunderstorm Warning Systems (*Proteção contra descargas atmosféricas - Detetores de trovoadas*)
- EN IEC 62858 - Sistemas de localização baseados na densidade de descargas atmosféricas (LLS): Princípios Gerais (*Lightning density based on lightning location systems*)

Requisitos normativos para ligação equipotencial

- IEC 60364-4-41 Instalações elétricas de edifícios - Parte 4-41: Proteção contra os choques mecânicos (*Low voltage electrical installations - Part 4-41: Protection for safety - Protection against electric shock*)
- IEC 60364-5-54 Instalações elétricas de edifícios - Parte 5-54: Seleção e instalação dos equipamentos elétricos-Instalações de ligação à terra, condutores de ligação de proteção (*Low-voltage electrical installations - Part 5-54: Selection and erection of electrical equipment - Earthing arrangements and protective conductors*)
- NP EN 61784 - Redes de comunicação industriais (*Industrial communication networks*)
- IEC 60728-11 - Redes de distribuição por cabo para sinais de televisão, sinais de som e serviços interativos 6 parte 11: Segurança (*Cable networks for television signals, sound signals and interactive services - Part 11: Safety*)
- NP EN 62305-4 -Proteção contra descargas atmosféricas - Parte 4 - Sistemas elétricos e eletrónicos em estruturas (*Protection against lightning - Part 4: Electrical and electronic systems within structures*)



12 ANEXOS

12.1 ANEXO A.1 – GLOSSÁRIO

DA – Descarga Atmosférica

SPDA (Sistema de Proteção Contra Descargas Atmosféricas) – Sistema completo utilizado para reduzir o risco de danos físicos devido a descargas atmosféricas num edifício/recinto.

SPDAE – Sistema de Proteção Contra Descargas Atmosféricas Exterior.

ARDA – Análise do risco de descarga atmosférica.

PDI – Para-raios que nas mesmas condições, gera um traçador ascendente de inicialização mais rápido que um para-raios de haste simples (norma NP 4426).

Para-raios de haste simples (PHS) – Haste metálica, de pelo menos um metro, destinada a captar a descarga atmosférica num SPDA convencional – norma NP EN 62303-3.

Nota: PHS em alguma literatura também designado por PTS.

SPDAI – Sistema de proteção contra descargas atmosféricas com dispositivo de ionização. Sistema completo baseado em um, ou mais, PDIs e todos os elementos necessários para conduzir a corrente da descarga atmosférica à terra com toda a segurança a fim de proteger uma estrutura, um edifício ou um recinto contra os impactos diretos das descargas atmosféricas.

Eficácia do PDI (ΔT) – Diferença em microssegundos entre o tempo de emissão do traçador ascendente de um elemento captor PDI e um elemento captor de haste simples (PHS).

Nota: é medido em laboratório sob as condições definidas na norma NP 4426.

Raio de Proteção (R_p) – Zona protegida pelo para-raios. Depende do sistema de captura escolhido, da sua altura (h) em relação à superfície a proteger e do nível de proteção selecionado.

Densidade de descargas atmosféricas (N_{sg}) – Número de impactos de descargas atmosféricas por km^2 /ano.

Notas:

Este valor pode ser obtido a partir da rede local de deteção de descargas atmosféricas.



É definido para determinada região ou se possível para o local onde o SPDA vai ser instalado.

Nível de Proteção Contra Descargas Atmosféricas (Np) - Valor associado ao conjunto de parâmetros da corrente da descarga atmosférica. É determinado pelo cálculo do risco.

Nota: é associado à probabilidade de proteção do SPDA.

Risco (R) - Define a perda anual média provável, de pessoas e bens, devido a descargas atmosféricas.

Componente de risco (RX) - Risco parcial que depende da fonte e do tipo de dano.

Risco tolerável (RT) - Valor máximo de risco que pode ser tolerado pela estrutura ou serviço a proteger.

Condutor de baixada - Condutor conforme a série de normas NP EN 62561, ou parte da estrutura, destinado a encaminhar à terra a corrente da descarga atmosférica.

Nota: no caso de se tratar de uma parte da estrutura, esta deve respeitar as exigências das normas relativas a espessura, dimensões e continuidade.

Rede de terra - Parte de um SPDA, destinado a conduzir e dissipar a corrente da descarga atmosférica no solo.

Captor - Elemento metálico projetado e posicionado para receber o impacto das descargas atmosféricas.

Nota: pode tratar-se um para-raios (PHS ou PDI), de pequena ponta metálica, ou de condutores.

Componente natural - Componente condutor não instalado especificamente para proteção contra descargas atmosféricas, mas que pode ser integrado ao SPDA ou que, em alguns casos, pode, de acordo com as normas, prover a função de uma ou mais partes do SPDA (ex. Condutor de baixada, captor...).

Componente de fixação - Parte do SPDA que é utilizado para fixar os seus componentes à estrutura a ser protegida.

Sistema isolado - SPDA no qual uma parte da corrente da descarga atmosférica, não possa circular na estrutura a proteger.



Sistema não isolado - SPDA no qual a corrente da descarga atmosférica, possa circular na estrutura a proteger.

Distância de Separação (S) - Distância entre o SPDA e uma parte condutora da estrutura na qual nenhum arco perigoso pode ocorrer.

Nota: calculada segundo as normas NP EN 62305-3 no caso de sistemas convencionais e NP 4426 no caso de utilização de PDI.

Zona de Proteção Contra Descargas Atmosféricas (ZPDA) - Zona onde o ambiente eletromagnético da descarga atmosférica é definido.

Nota: as fronteiras de uma ZPDA- não são necessariamente físicas (por exemplo, paredes, teto, pavimento, etc).

Barra de equipotencialização principal (BEP) - Barra destinada a servir de via de interligação de todos os elementos que possam ser incluídos na equipotencialização principal.

Descarregador de sobretensões DST (ou SPD) - Dispositivo destinado a limitar as sobretensões transitórias e a escoar as correntes da descarga atmosférica. Inclui pelo menos um componente não linear.

Nota: em alguns documentos normativos o DST é designado protetor de contra sobretensões.

PSPD - Probabilidade de um aparelho ser danificado, apesar da proteção por um sistema SPD coordenado.

Ligador amovível - Ligador concebido e instalado de modo a permitir medições do valor da resistência da terra, independentemente do resto do SPDA.

Disruptor de isolamento (ISG) - Dispositivo concebido para separar eletricamente elementos metálicos que não devem estar em contacto elétrico nas condições normais de funcionamento.

Detetor de trovoadas (TWS) - Sistema composto por um (ou mais) detetor(es) de trovoadas capazes de monitorizar as descargas atmosféricas, ou a sua atividade numa determinada área de monitorização, com ferramentas para processar os dados adquiridos de modo a fornecer um alarme válido.



Rede de deteção de trovoadas (LLS) - Rede de sensores de descargas atmosféricas que trabalham juntos para detetar e geolocalizar eventos de descargas atmosféricas dentro da área de cobertura do sistema.

12.2 ANEXO A.2 - FÍSICA DOS FENÓMENOS DAS DESCARGAS ATMOSFÉRICAS

Densidade local de descargas atmosféricas

A ocorrência de trovoadas relativa a determinado local é obtida pelas redes de deteção de trovoadas, que após coleta de dados durante um período de 10 anos, são capazes de fornecer a densidade de queda de descarga atmosférica no solo, expressa como o número de impactos/km²/ano. O dado atualmente usado para caracterizar a severidade da tempestade é a densidade de pontos de impacto no solo (símbolo Nsg em número de pontos de contacto/km²/ano) que recentemente substituiu a densidade de descargas atmosféricas no solo (símbolo Ng - número de descargas atmosféricas no solo/km²/ano).

Uma descarga atmosférica pode ter vários pontos de contacto no solo (o número de pontos de contacto no solo depende do local, mas um valor comumente aceite é em média 2 pontos de contacto no solo). A densidade das descargas atmosféricas no solo é determinada com precisão, assim como, as informações sobre a amplitude dessas descargas atmosféricas também são disponibilizadas. Em Portugal estes dados podem ser obtidos via Meteorage ou através do Instituto Português do Mar e da Atmosfera.

Desde a existência da norma internacional NP EN 62858, o fornecimento desta informação é baseado em métodos precisos e internacionalmente harmonizados.

Fatores locais que influenciam a queda de uma descarga atmosférica

Alguns fatores locais podem influenciar a formação de trovoadas e a queda de descargas atmosféricas:

- Fatores topológicos;
- Fatores geológicos;
- Concentração iónica do ar (condutividade do ar);
- Fenómenos precursores.

Nuvem de trovoadas

As nuvens de trovoadas são grandes massas geralmente do tipo cumulonimbus, ocupando uma área de algumas dezenas de quilómetros quadrados, tendo uma espessura de vários quilómetros. A sua massa é da ordem de centenas de milhares de toneladas de água. Elas



são constituídas de gotas de água na parte inferior e partículas de gelo na parte superior. A base está cerca de 2 a 3 km acima do solo e crescem, em altura, a altitudes de 10 a 15 km. Existem dois tipos de estruturas de trovoadas, trovoadas quentes, muito localizadas, e trovoadas frontais, que podem viajar centenas de quilómetros. Em conjunto com certos fenómenos termodinâmicos, dá-se uma separação e transferência de cargas elétricas dentro da nuvem. O resultado final é que a parte superior das nuvens de tempestade, composta por cristais de gelo, é carregada positivamente, enquanto a sua base é carregada negativamente (pode ser o inverso). Frequentemente pode-se observar uma ilha de cargas positivas no meio da massa negativa.

Quando a nuvem está madura para desencadear uma trovoadas, ela forma um grande dipolo elétrico (Figura 3), criando campos elétricos intensos entre as diferentes camadas internas, bem como, entre a sua base e a superfície da terra. Esses campos são a fonte necessária para a formação de descargas elétricas, que podem ser descargas intra/inter-nuvens ou a descarga atmosférica que se dá entre a nuvem e a terra.

No momento da formação ou aproximação de uma nuvem carregada, sob a influência das cargas negativas que estão dispostas na sua base e cujo efeito se torna preponderante, o campo elétrico no solo começa a inverter-se e cresce em proporções fortes. Quando a sua intensidade atinge -10 a -15 kV/m, pode dizer-se que uma descarga à terra está iminente, esse forte crescimento do campo elétrico é o primeiro sinal que anuncia a provável queda de uma descarga atmosférica.

Nota: o sinal negativo resulta da convenção de sentido escolhida para o campo terreno, o campo é negativo quando o terreno é positivo em relação à atmosfera.

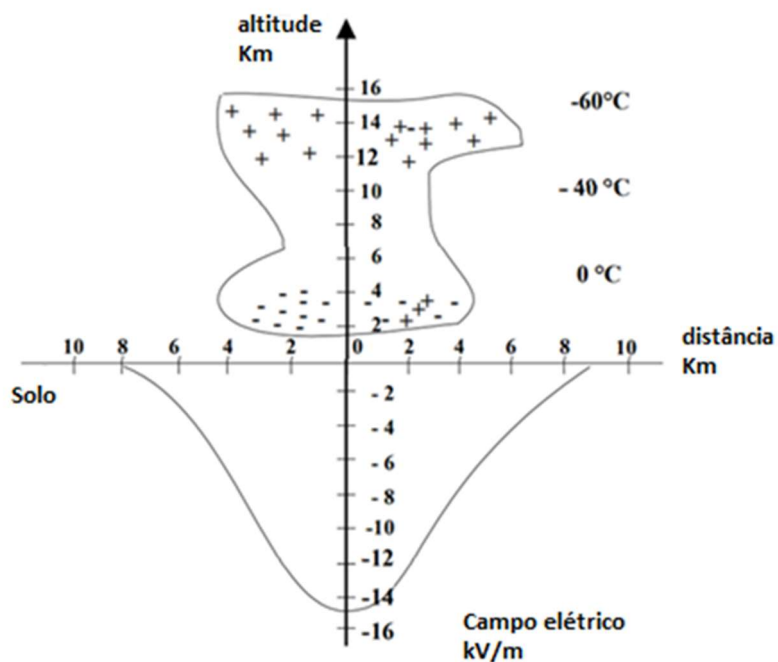


Figura 3 - Nuvem de trovoadas e o campo elétrico que ela cria no solo

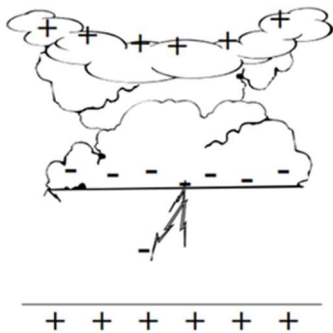


Figura 4 - Traçador negativo descendente

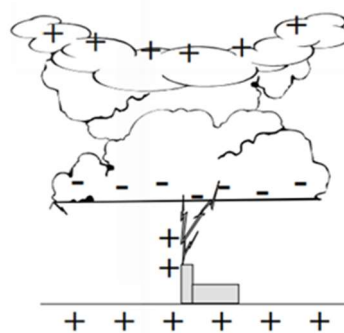


Figura 5 - Traçador positivo ascendente de uma estrutura alta

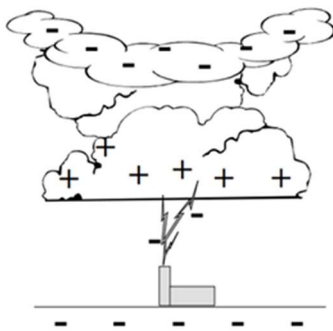


Figura 6 - Traçador negativo ascendente de uma estrutura alta

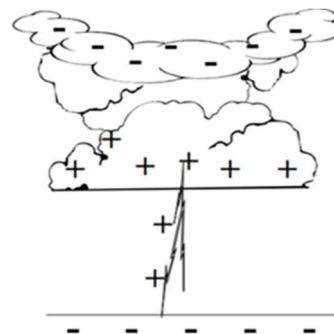


Figura 7 - Traçador positivo descendente



Efeito coroa no solo

Os valores do campo elétrico do solo, acima mencionados, pressupõem um solo horizontal plano. Qualquer rugosidade, por um efeito de concentração das linhas do campo elétrico, pode aumentar consideravelmente o campo local. Pode-se calcular que no topo de um hemisfério colocado num plano, o campo é três vezes o campo médio. Quando o hemisfério se deforma num meio elipsoide pontiagudo, esse efeito torna-se mais pronunciado.

Assim, para uma razão entre o eixo maior e o eixo menor do elipsoide igual a 30, o campo é multiplicado por um fator de 300. Como o limiar de ionização do ar atmosférico é da ordem de 25 kV/cm, verifica-se que, sob condições particulares, um campo ambiente de cerca de 10 kV/m é suficiente para causar um efeito coroa no topo do elipsoide. Esse fenómeno foi observado desde os tempos antigos nas pontas de lanças e outros objetos pontiagudos e também era conhecido pelos marinheiros como fogo de santelmo, esse fenómeno ocorria no topo dos mastros dos barcos.

O percurso de uma descarga atmosférica

Classificação das descargas atmosféricas

Em primeiro lugar, classifica-se o impacto da DA de acordo com a direção de desenvolvimento do traçador (ou primeiro líder):

- impacto descendente (desenvolvimento do traçador a partir da nuvem);
- impacto ascendente (desenvolvimento do traçador a partir do solo).

Num terreno plano, os impactos da DA mais frequentes são os descendentes. Para que um impacto ascendente se desenvolva é necessária a presença de uma proeminência significativa, como uma torre alta. Esta é também a razão pela qual os impactos ascendentes ocorrem com mais frequência nas montanhas.

Em segundo lugar, classificam-se as DA de acordo com sua polaridade:

- impactos negativos (descarga de uma nuvem carregada negativamente);
- impactos positivos (descarga de uma nuvem carregada positivamente).

Em regiões de clima temperado, 90% das descargas atmosféricas são negativas.

As Figuras 4, 5, 6 e 7 resumem esta classificação.



Descargas descendentes

A primeira fase de uma descarga atmosférica descendente, é uma pré-descarga ou traçador fracamente luminoso, que se propaga da nuvem em direção ao solo, progredindo por saltos de algumas dezenas de metros (este é o traçador por saltos ou líder escalonado). Entre os saltos ocorrem intervalos da ordem de 40 a 100 μ s, de forma que sua taxa média de progressão fica entre 0,15 e 0,50 m/ μ s. À medida que esse traçador avança, ele se ramifica e a luminosidade do caminho ionizado aumenta.

Assim que a cabeça de um traçador por saltos se aproxima do solo, desenvolvem-se pré-descargas ascendentes a partir deste, geralmente numa árvore, numa saliência, etc..., na direção do traçador.

Esse fenómeno caracteriza o mecanismo de impacto e é na sua análise que se baseiam todos os modelos recentes de proteção contra descargas atmosféricas. Assim quando uma dessas pré-descargas ascendentes e o traçador por saltos descendente se encontram, é estabelecido um canal condutor entre a nuvem e o solo, que permitirá a passagem de uma corrente de alta intensidade. Essa corrente é formada pelas cargas superficiais do solo que, subindo pelo canal ionizado formado pelo traçador, neutralizam as cargas deste.

Uma descarga atmosférica é geralmente composta de várias descargas parciais fluindo através do mesmo canal ionizado.

O processo é o seguinte:

- quando a corrente da primeira descarga para de fluir, pode levar cerca de 100 m/s antes que ocorra uma segunda descarga, pois a nuvem ainda pode conter uma certa quantidade de carga. Esta segunda descarga começa com o aparecimento de um traçador que, ao contrário do traçador por saltos, progride continuamente, é o que em inglês se chama: dart leader, cuja velocidade de propagação é da ordem de 10⁶ m/s;
- também é seguido por um arco de retorno;
- podem ocorrer várias descargas sucessivas, de acordo com este tipo de mecanismo.

Em geral, uma descarga completa dura 0,2 a 1 s e tem em média quatro descargas parciais. O CIGRÉ (Conseil International des Grands Réseaux Électriques) mostrou recentemente que 80% das descargas atmosféricas incluíram pelo menos dois impulsos, o que raramente é significativo para um SPDÁE, mas pode ser importante para os protetores contra sobretensões. A primeira descarga costuma ser a de maior amplitude, embora não seja uma



regra geral. No intervalo entre as descargas impulsionais, uma corrente fraca, da ordem de cem ou mil amperes, continua a fluir através do canal ionizado: é a corrente persistente (corrente contínua) que frequentemente carrega a maior parte da carga total duma DA. Quanto à descarga atmosférica descendente positiva, ela ocorre de maneira muito semelhante, mas geralmente consiste apenas num único arco de retorno, porém de duração muito mais longa, e, portanto, é responsável por danos mais importantes. As correntes persistentes podem também estar associadas a impactos de DA positivas.

Descargas atmosféricas ascendentes

Se o efeito coroa permanece fraco e circunscrito na vizinhança imediata da ponta de um para-raios, a descarga pode desenvolver-se muito mais, quando as dimensões do objeto são grandes. Em alguns casos, como postes colocados numa colina, torres altas..., pode aumentar o suficiente para alcançar a nuvem. Ocorre então um impacto real, denominado descarga ascendente. Essas descargas ascendentes são frequentemente observadas de torres de telecomunicações modernas, que têm mais de 300 m de altura, em arranha-céus (observações no Empire State Building) e de picos de montanhas.

Parâmetros elétricos das DA

Formas dos componentes de impulso (descargas) de uma descarga atmosférica

- Formas das descargas negativas

As descargas negativas oferecem uma grande variedade de combinações de correntes de impulso e correntes diretas (ou persistentes), cada uma com amplitudes e durações variadas. A duração de frente da primeira descarga parcial está na faixa de 5 a 15 μs ; o tempo final é da ordem de 100 μs . Para descargas secundárias, a duração da frente é muito curta, inferior a 1 μs , mas a cauda da onda é muito mais regular do que na primeira descarga.

As correntes de descargas atmosféricas negativas, embora geralmente tenham uma amplitude menor do que as correntes de descargas atmosféricas positivas, exibem uma rigidez frontal muito maior. Para 50% das descargas negativas, a rigidez frontal é maior que 20 $\text{kA}/\mu\text{s}$, enquanto para raios positivos, a média é de 2 $\text{kA}/\mu\text{s}$.

- Formas das descargas positivas

O raio positivo geralmente consiste numa única descarga que dura de 0,1 a 0,2 s. A duração da frente de onda é relativamente longa, varia entre 20 e 200 μ s, mas a amplitude da corrente pode atingir valores muito elevados, superiores a 100 kA.

- Formas de onda de DA em laboratório

Em laboratório, uma onda de 10/350 μ s representa a forma de descargas atmosféricas diretas num SPDA, enquanto a onda de 8/20 μ s é representativa de sobretensões induzidas. Recorde-se, que a onda de tensão de 1,2/50 μ s também é usada para testar o isolamento do equipamento.

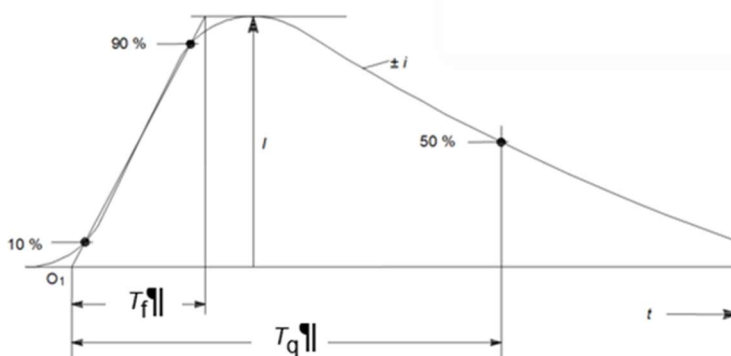


Figura 8 - Forma da onda de descarga atmosférica em laboratório

Distribuição dos diferentes parâmetros das descargas atmosféricas

Os parâmetros usados para descrever o impulso de descargas atmosféricas (ou os impulsos no caso de múltiplas descargas atmosféricas) são numerosos. Pode-se citar em particular: amplitude de corrente, tempo de frente, tempo de cauda, carga e energia específica.

Para mais informação consultar NP EN 62305-1.

Efeitos de parâmetros característicos da DA

Efeitos de alta frequência da DA

Além dos efeitos em estruturas ou objetos como: incêndio provocado por queda de DA num telhado, incêndio florestal, explosão de árvore, torre de igreja destruída etc, existe outro fenómeno, menos espetacular, mas que está na base do desenho de qualquer sistema de proteção contra descargas atmosféricas: a sobretensão gerada pelas DAs nos condutores do SPDA devido à passagem da corrente de alta frequência das DAs. A queda de tensão



resistiva (lei de Ohm) nm condutor do SPDA de cobre, por exemplo, é baixa mesmo para correntes de vários kA. Por outro lado, a frequência de descargas atmosféricas é tal que, devido à indutância inerente e à mutualidade entre este condutor e outro circuito, como a rede de terra por exemplo, a variação da corrente da DA (ou sua frequência equivalente) gera uma tensão muito maior.

Qualquer circuito do edifício, ligado à terra e próximo ao SPDA, corre o risco de ser impactado devido a esta alta tensão. Isso é o que levará a respeitar uma certa distância entre este circuito e o SPDA que é chamada de distância de separação. Isso também se aplica ao ferro da armadura do betão armado que se encontra ligado à terra na parte inferior da estrutura.

Uma pessoa no solo, próxima de um condutor de baixada, também corre o risco de impacto, pelo que se deverá impor uma certa distância (geralmente 3 m) entre o condutor de baixada do SPDAE e as pessoas.

Um elétrodo de terra, feito de um único elétrodo longo, comporta-se menos bem do que dois condutores do mesmo comprimento total, porque um único condutor terá uma impedância (indutância) mais alta.

Para protetores contra sobretensões, o comprimento de cablagem (considerando um valor menor de $1 \mu\text{H/m}$) levará a uma queda no potencial que irá degradar a eficiência do protetor contra sobretensões, pelo que, esses comprimentos devem ser reduzidos tanto quanto possível.

Mecanismo do impacto e modelo electrogeométrico

Existem duas formas de explicar a função protetora do para-raios:

- efeito de ponta;
- seu poder de atração sobre as DAs.

esse poder é limitado a um volume relativamente pequeno, que permite que seja garantida uma certa zona de proteção ao redor do para-raios. Várias definições desta zona, todas empíricas, foram dadas, na forma de um cone de seção circular, eixo vertical, e cujo vértice coincide com a ponta do para-raios.

Em linguagem corrente utiliza-se frequentemente o termo “para-raios” para falar de proteção contra descargas atmosféricas diretas, no entanto, o para-raios é, apenas um dos dispositivos de captura. Além disso, a proteção contra impactos e efeitos da DA não se limita



à simples captura do choque de uma descarga atmosférica, mas também deve conduzir a DA à terra de forma segura.

O estudo dos fenómenos físicos que envolvem as descargas atmosféricas possibilitou o desenvolvimento de um método para determinar a zona de proteção de uma haste vertical PHS, ou de cabos de guarda (fios esticados) horizontais e também permitiu definir o tamanho máximo da malha de uma gaiola. Este método é baseado na análise do mecanismo de impacto da descarga e é implementado usando um modelo matemático denominado modelo eletrogeométrico.

Nas atuais normas, considera-se que todos os modelos de proteção são baseados no modelo electrogeométrico.

Modelo eletrogeométrico

Tendo em conta:

- a relação entre a carga do traçador e o campo no solo;
- a relação entre a carga do traçador e a intensidade de pico da corrente pressuposta;
- a força de campo no solo necessária para desencadear o desenvolvimento da descarga ascendente,

consegue-se estabelecer uma expressão analítica da distância entre o traçador e o objeto no solo, para a qual uma descarga ascendente encontra o traçador descendente. Essa distância é chamada de distância de “arranque D_a ” e corresponde ao último salto do traçador descendente.

Desde que a ligação à terra, deste objeto, seja suficientemente condutiva, a expressão analítica é:

$$D_a = 10 I_{Cmin}^{2/3}$$

com D_a em metros e I em kA.

Para uma esfera fictícia da descarga atmosférica de raio = D_a , pode-se supor que todas as DA com um valor de pico maior do que o valor mínimo correspondente de I serão intercetados por dispositivos de captura naturais ou dedicados.

De acordo com este modelo, o ponto de impacto da DA é considerado o objeto que primeiro é encontrado, na distância de “arranque” relativamente à ponta do traçador.



O modelo não é válido para descargas positivas. A fórmula a ser levada em consideração para descargas atmosféricas positivas será diferente da acima identificada.

Método gráfico de determinação da zona de proteção

Método da esfera fictícia

De acordo com o modelo eletrogeométrico, o ponto de impacto da DA é determinado pelo objeto no solo, que será o primeiro a estar à distância “de arranque-Da” do traçador descendente, mesmo que esse objeto seja o próprio solo plano.

Tudo se passa como se a ponta do traçador fosse circundada por uma esfera fictícia, da descarga atmosférica Da, centrada sobre ela, e como se essa esfera acompanhasse rigidamente o ponto traçador durante a trajetória aleatória deste último. À medida que se aproxima do solo, o primeiro objeto que a esfera toca determina o ponto de impacto da descarga.

Imagine-se a esfera fictícia da descarga atmosférica Da que rola no solo, em todas as direções, sem nunca perder o contato com o solo ou com um objeto proeminente:

- Se, durante este movimento, a esfera entrar em contato com os dispositivos de proteção (para-raios vertical, fios horizontais, camada de fios, gaiola/malhas) sem nunca poder tocar num dos objetos a serem protegidos, então a proteção destes está assegurado;
- Se, durante este movimento, a esfera entrar em contato com um dos objetos a serem protegidos, o dispositivo de proteção deverá ser reajustado até que nenhum desses contatos ocorra.

Conclui-se que a zona de proteção proporcionada por uma haste vertical, como por exemplo, um para-raios de haste simples - para-raios do tipo haste de Franklin, dependerá do raio Da da esfera e, conseqüentemente, da intensidade I do raio atual que vai seguir.

Outras configurações

Uma construção geométrica semelhante pode ser aplicada num condutor vertical ou horizontal, ou numa malha de condutores horizontais paralelos. A partir desses elementos básicos, pode-se imaginar toda uma malha metálica envolvendo o volume a ser protegido, ficando com uma proteção de uma gaiola/malha. Para analisar a proteção oferecida por tal gaiola, utiliza-se o procedimento indicado nos parágrafos anteriores. No entanto, durante a

implementação do processo, será necessário levar em consideração certas regras práticas que se desenvolvem mais adiante.

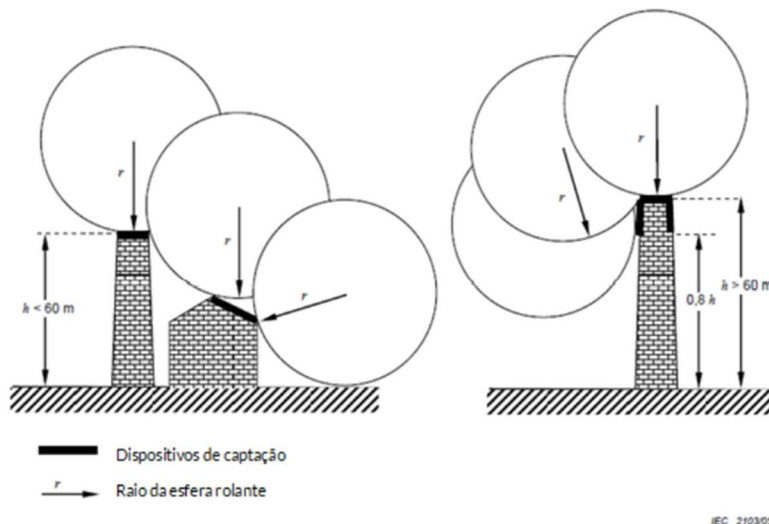


Figura 9 - Método da esfera rolante

Frequência de queda da descarga atmosférica de uma haste ou edifício - Cálculo simplificado

É conveniente definir uma superfície de captura equivalente S de uma haste ou um edifício. Essa superfície é, por definição, a superfície de um terreno plano que receberia anualmente os mesmos impactos de DA. Esta superfície é sempre maior do que a superfície do solo do edifício considerado. Este método consiste em aumentar a área útil do próprio edifício, circundando o seu perímetro com uma faixa, cuja largura é igual a três vezes a altura do edifício.

Efeitos da DA

Como um fenómeno elétrico, a DA pode ter as mesmas consequências que qualquer outra corrente que atravessa um condutor elétrico, ou qualquer outra corrente, passando por um mau condutor ou isolante. Pode-se esperar os seguintes efeitos:

- efeitos térmicos (fusão e liberação de calor);
- efeitos eletrodinâmicos (aparecimento de forças entre os condutores);
- efeitos eletroquímicos (decomposição galvânica);
- efeitos acústicos (trovão).

Destes quatro tipos de efeito apenas os dois primeiros desempenham um papel significativo.

Efeitos térmicos

Efeitos ligados à quantidade de carga Q



Os efeitos térmicos são os efeitos da fusão, quando um arco é criado no ponto onde a corrente da DA entra num condutor elétrico, conhecido como traços de impacto.

Nas instalações de proteção contra DA, são observados principalmente no ponto de entrada da corrente da descarga no SPDA, por exemplo, na ponta da PHS.

Em condutores de seção transversal suficiente, não há consequências visíveis de sobreaquecimento, apesar do efeito de pele. O aquecimento até o ponto de fusão ocorre apenas em pequenas seções de condutores ou em altas resistividades. São frequentemente observados efeitos de fusão, por exemplo, em cabos e fios de antenas. Pelo contrário, raramente é visível em cabos mais grossos, com alguns milímetros de diâmetro (por exemplo, arame farpado). Nunca houve qualquer caso de fusão em condutores de DA com as seções recomendadas na norma NP EN 62305-3, ou seja, 50 mm² em geral.

12.3 ANEXO A.3 - ANÁLISE DE RISCO

A essência do método consiste na avaliação do risco num edifício/recinto face a um impacto de descarga atmosférica. O risco deverá ser avaliado em relação aos impactos:

- diretos;
- na proximidade do edifício/recinto ou do serviço.

O risco calculado é então comparado com um risco tolerável, definido na norma NP EN 62305-2. Se o risco calculado for superior ao risco tolerável terão de ser instaladas medidas de proteção/prevenção, se o nível calculado for inferior ao risco tolerável, o edifício/recinto é considerado auto-protegido e não há necessidade de instalação de medidas de proteção.

12.3.1 Avaliação de risco significativo de descarga atmosférica

Os raios podem causar diversos tipos de danos numa estrutura:

- ferimentos em seres humanos;
- danos físicos à estrutura e seu conteúdo (incêndio, explosão, danos mecânicos ...);
- falha de sistemas internos (elétricos e eletrónicos).

Na avaliação do risco são identificadas quatro fontes de dano. Estas são consideradas no cálculo do risco:

- impacto direto na estrutura;



- impacto perto da estrutura (geralmente algumas centenas de metros dos limites do edifício);
- impacto nas linhas conectadas;
- impacto perto das linhas conectadas (geralmente alguns milhares de metros de ambos os lados da linha).

12.3.2 Determinação da necessidade da instalação e tipo de um SPDA

A necessidade de proteção é determinada pela avaliação do risco de descarga atmosférica que é feita através do cálculo de AVALIAÇÃO DO RISCO.

O método de cálculo de avaliação do risco é dado nas normas NP 4426 e NP EN 62305-2, apenas com ligeiras diferenças.

Existem outras normas que apresentam cálculos de risco, sendo estes sempre formas simplificadas do cálculo da forma simplificada da EN 62305-2:

- IEC 60364 parte 443 instalações elétricas;
- IEC 60364 parte 7-712 sistemas fotovoltaicos;
- IEC 61400-24 turbinas eólicas.

O processo de cálculo do risco é o seguinte:

- Determinar as possíveis fontes de danos;
- Determinar sua frequência de ocorrência;
- Determinar a quantidade de danos associada;
- Determinar se o risco é aceitável e caso não o seja propor soluções;
- Determinar a eficiência e custo das soluções propostas, especialmente quando houver mais de uma solução de proteção.

A título exemplificativo: a atual norma IEC 62305-2 descreve o método para a avaliação do risco. Os riscos considerados são os seguintes:

- Risco de perdas de vidas humanas;
- Risco de perdas de serviços;
- Risco de perdas de património cultural;
- Risco de perdas económicas.

Na avaliação do risco completa (IEC 62305-2) cada risco é calculado segundo a necessidade da estrutura e a soma dos riscos calculados é comparada com um risco tolerável. Se o risco total for superior ao risco tolerável a estrutura deverá ser protegida por um SPDA, se não



for superior, a estrutura será considerada auto-protegida. Se num determinado local existirem vários edifícios, o cálculo é realizado para cada edifício, tendo em conta as linhas ligadas ao mesmo, bem como, o edifício de onde parte essa linha.

Nota: a norma IEC 62305-2 esta em atualização. O método de cálculo do risco pode mudar na versão futura. O método a aplicar deverá ser o da norma em vigor.

No caso de a estrutura necessitar de proteção devem definir-se as medidas de proteção e prevenção (SPDAD, SPDs, TWS ou LLS ...) que permitirão reduzir o risco abaixo do nível tolerado. Estas serão associadas a um nível de proteção (N_p) definido pela análise de risco que varia de IV (nível mais baixo, proteção mais fraca) a I (nível mais alto, proteção mais forte) e às suas regras de instalação. Esta segunda parte do plano de proteção é chamada de Estudo Técnico (ET).

QUADRO XI - Valores típicos de RT de risco tolerável

	Tipo de risco considerado	RT (por ano)
R1	Risco de perdas de vidas humanas	10-5
R2	Risco de perdas de serviços	10-3
R3	Risco de perdas de património cultural	10-4
R4	Risco de perdas económicas	10-3

Nos casos em que o risco não pode ser reduzido abaixo do nível tolerável, apesar de se utilizar os melhores meios de proteção, os níveis mais altos de proteção (I), (mais eficientes do que LPL I), devem ser utilizadas soluções complementares como detetores de trovoadas ou redes de deteção associados às medidas de proteção.

12.3.3 Nível de proteção e probabilidade de proteção associada

Um sistema de proteção contra descargas atmosféricas raramente é descrito em termos de kA ou kV. A forma normal de caracterizar um SPDA é um número que varia de 4 a 1, escrito em caracteres romanos ou seja de IV a I, sendo 1 o mais eficaz.

Este número é chamado de nível de proteção contra descargas atmosféricas.

Nota: o nível de proteção contra descargas atmosféricas de um SPDA é expresso por um algarismo romano de IV a I e nada tem a ver com o nível de proteção de um protetor contra sobretensões que é expresso em kV.



O nível de proteção contra descargas atmosféricas é um parâmetro muito importante que deverá ser explicado detalhadamente. Um nível de proteção contra descargas atmosféricas está vinculado a dois parâmetros:

- Captura de descargas atmosféricas com eficiência: uma vez que é mais fácil capturar uma elevada corrente de descarga atmosférica do que uma pequena, devido ao modelo eletrogeométrico, o parâmetro crítico será a menor corrente de descarga atmosférica que o SPDA pode capturar;
- Uma vez capturado pelo SPDA, o SPDA deve ser capaz de lidar com essa corrente. Como a corrente da descarga atmosférica direta é assumida como tendo a mesma forma de onda (10/350 μ s), o caso mais grave é a maior intensidade de corrente da descarga atmosférica que o SPDA pode suportar.

As probabilidades de distribuição de correntes de descargas atmosféricas associadas são fornecidas com base na distribuição de correntes de descargas. Os quadros seguintes apresentam os níveis máximos de corrente elétrica associados a cada nível de proteção contra descargas atmosféricas e a corrente mínima de descargas atmosféricas que será capturada por um SPDA neste nível.

QUADRO XII - Corrente máxima de impulso de descarga atmosférica associada a um nível de proteção contra descargas atmosféricas

	NÍVEL DE PROTEÇÃO		
	I	II	III - IV
Valor de pico da corrente (ka)	200	150	100

QUADRO XIII - Corrente mínima de impulso de descarga atmosférica associada a um nível de proteção contra descargas atmosféricas

	NÍVEL DE PROTEÇÃO			
	I	II	III	IV
Valor de pico da corrente (ka)	3	5	10	16

QUADRO XIV - Probabilidade de correntes de descarga atmosférica

PROBABILIDADE DA CORRENTE DE DESCARGA ATMOSFÉRICA:	NÍVEL DE PROTEÇÃO			
	I	II	III	IV
Ser menor que o valor máximo	0,99	0,98	0,95	0,95
Ser maior que o valor mínimo	0,99	0,97	0,91	0,84



Nota: para mais informações sobre parâmetros associados a cada nível de proteção consultar NP EN 62305-1.

12.4 ANEXO A.4 - ANÁLISE DE RISCO SIMPLIFICADA

O cálculo do risco é feito segundo a norma NP EN 62305-2. Em alguns casos pode-se utilizar um método simplificado para o cálculo do risco que, baseado na norma citada, tem em consideração um menor número de parâmetros para o cálculo.

Algumas normas incluem um método de análise do risco específico que deve ser utilizado quando são aplicadas.

Sempre que no ponto 6.1 desta Nota Técnica for exigido o cálculo do risco deve-se utilizar o método indicado nos quadros ou, em caso omissivo, a norma NP EN 62305-2.

Os métodos simplificados consistem em aplicar um número limitado de parâmetros para o cálculo do risco, no entanto eles apenas podem ser utilizados em edifícios com as seguintes características:

- O risco de incêndio é baixo, ou ordinário, não importando qual é o risco de pânico, ou
- O risco de incêndio é elevado, mas o risco de pânico baixo.

Não se aplica aos edifícios que contenham produtos ou, atmosferas explosivas ou, que possam constituir um risco para o meio ambiente.

12.4.1 Definição de risco de pânico

Os edifícios podem ser definidos, em relação ao nível de pânico, como se segue:

QUADRO XV - Tipo de perigo para as pessoas

Tipo de perigo para as pessoas
Sem risco particular
Fraco risco de pânico: (ex. edifícios/estruturas limitadas a dois pisos e número de pessoas inferior a 100)
Nível de risco médio (ex. edifícios/estruturas destinados a eventos culturais ou desportivos com numero de pessoas compreendido entre 100 e 1000)
Dificuldade de evacuação (ex. edifícios/estruturas com pessoas imobilizadas, hospitais)
Nível de pânico elevado (ex. edifícios/estruturas destinadas a eventos culturais ou desportivos com numero de pessoas superior a 1000)



12.4.2 Definição de risco de incêndio

Os edifícios com elevado risco de incêndio podem ser assumidos como sendo construídos com materiais combustíveis ou, edifícios com telhados combustíveis ou, edifícios com uma massa calorífica específica superior a 800MJ/m².

Os edifícios com risco de incêndio ordinário podem ser assumidos como os que têm uma massa calorífica específica entre 800MJ/m² e 400MJ/m².

Os edifícios com baixo risco de incêndio podem ser assumidos como os que têm uma massa calorífica específica inferior a 400MJ/m², ou edifícios que contêm baixa quantidade de material combustível.

No método simplificado consideram-se três tipos de risco:

- Perda de vida humana R1;
- Perda de serviço público R2;
- Perda de herança cultural R3.

Uma vez calculado cada um destes riscos, o valor é comparado com um risco tolerável RT, assumindo que os riscos toleráveis para cada um dos riscos são:

Para o Risco R1: 10⁻⁵

Para o risco R2 e R3: 10⁻³

Se o risco calculado for superior ao tolerável, têm de ser implementadas medidas de proteção, caso contrário, o edifício é considerado como auto-protegido não necessitando de proteção.

Nota: para mais informações sobre o cálculo do risco simplificado consultar Guia de Avaliação do Risco – Método Simplificado Instituto Eletrotécnico Português.



12.5 ANEXO A.5–INSTALAÇÕES DE PROTEÇÃO CONTRA DESCARGAS ATMOSFÉRICAS DIRETAS

12.5.1 Dispositivos de captura

Os captores são classificados em dois grandes tipos: passivo (ou convencionais) e ativos. Segundo esta classificação utilizam-se duas normas diferentes: para os sistemas passivos deve utilizar-se a norma NP EN 62305-3 e para os ativos (ou ionizantes) a norma NP 4426.

Sistemas de captura passivos (NP EN 62305-3):

- Para-raios ponta simples (frequentemente chamados de Franklin) – PHS;
- Gaiolas ou malhas;
- Fios esticados (ou cabos de guarda).

Sistemas de captura ativos (NP 4426):

- Para raios ionizantes;

A escolha do tipo de captor depende das características do edifício a proteger.

12.5.1.1 Raio ou zona de proteção dum PHS

O raio ou zona de proteção de qualquer dos sistemas depende do nível de proteção escolhido.

Para-raios tipo haste simples (NP EN 62305-3):

Um para-raios de ponta simples (PHS) deve ter uma altura de pelo menos 1 m e pode até atingir 10 m usando mastros de prolongamento que se encaixam entre si. Aumentar a altura do para-raios aumenta o raio de proteção, mas esse aumento não é infinito.

Este sistema baseia-se numa proteção local (cone de proteção definido pelo método do ângulo), sendo utilizado para realizar a proteção de estruturas de dimensões reduzidas, tais como, torres de telecomunicação e chaminés.

O método do ângulo de proteção define uma descarga atmosférica de proteção conferido por um para-raios de ponta simples, com base na diferença de altura entre a ponta do para-raios e da superfície a proteger, e o nível de proteção preconizado para o SPDA.

O raio de proteção da haste será:

$$R_p = \text{tg}(\alpha) \cdot h$$

Em que:

h é a diferença de altura do topo da ponta captora e a superfície a proteger α é um ângulo obtido pelo gráfico (da norma NP EN62305) abaixo indicado.

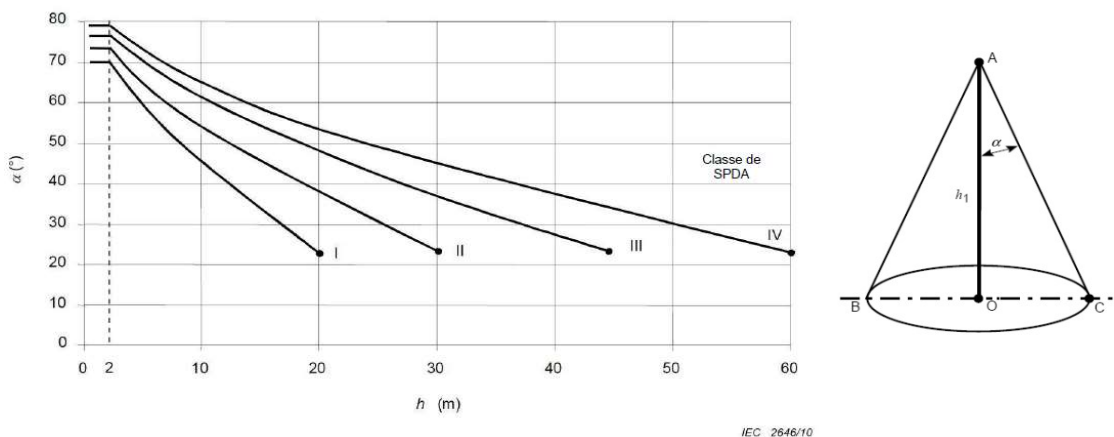


Figura 10 - Raio de proteção de uma ponta simples

É importante perceber que o raio de proteção conferido sobre a cobertura do edifício será diferente do que é conferido sobre o solo, uma vez que o raio de proteção varia em função da altura.

O método do ângulo de proteção será adequado para edifícios de pequenas dimensões. A altura do para-raios é indicada no gráfico anterior em função do nível de proteção.

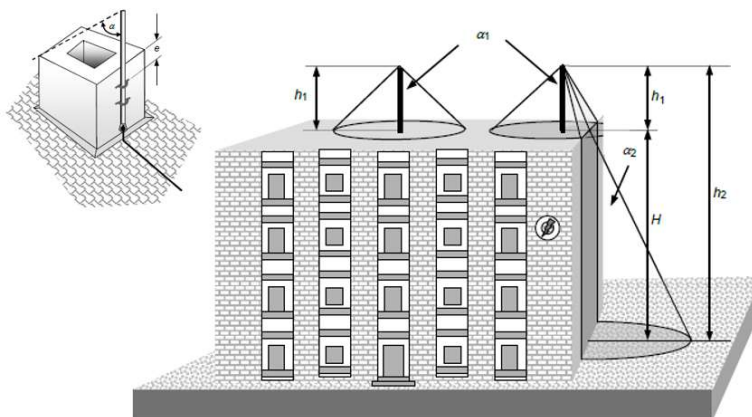


Figura 11 - Exemplo de uma ponta de Franklin a proteger um elemento da cobertura e ângulos de proteção em função da altura



12.5.1.2 Gaiolas ou malhas

As gaiolas ou malhas consistem na proteção do edifício pela instalação de um emalhado de condutores de captura, cujo espaçamento máximo é definido pelo nível de proteção preconizado para o SPDA.

O tamanho máximo permitido para a quadricula da malha é definido no quadro abaixo:

QUADRO XVI – Tamanho máximo das Malhas

Classe de SPDA	Tamanho das Malhas [m]
I	5 x 5
II	10 x 10
III	15 x 15
IV	20 x 20

O método da malha será, por exemplo, adequado para a proteção de superfícies planas.

Um emalhado de condutores protegerá apenas o que está sob a malha, mas os sistemas de gaiola ou malha são muitas vezes equipados com pequenas pontas captoras (de altura inferior a 1 m), cujo efeito de atração das descargas atmosféricas é ligeiramente mais acentuado do que o dos condutores que constituem a gaiola, embora a função de captura também seja delegada a este último. As pontas de captura também evitam que os efeitos do arco elétrico ocorram perto de um condutor SPDA e do próprio telhado.

O sistema de emalhado/gaiola distribui a corrente elétrica da descarga entre as várias baixadas, e essa distribuição será tanto melhor quanto mais estreitas forem as malhas.

Os SPDA com o maior número de condutores de telhado e baixada são recomendados quando são temíveis fenómenos de indução (por exemplo, a presença de dispositivos eletrónicos, computadores ou mesmo zonas explosivas num edifício).

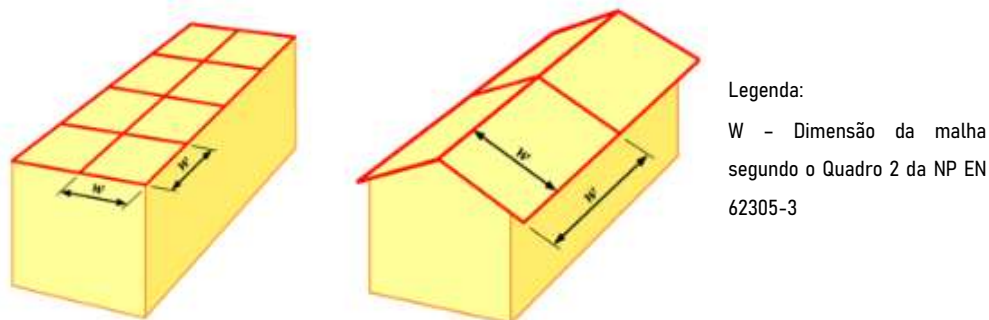


Figura 12 - Gaiola em malha

12.5.1.3 Cabos de guarda (ou catenária ou fio de esticado)

Os cabos de guarda (Figura 13) são condutores horizontais instalados distantes do edifício a ser protegido. Isso é conhecido como um sistema de proteção isolado. Este tipo de instalação é muito eficiente porque mantém a corrente do raio afastada da estrutura, reduz o risco de arco (faísca entre o SPDI e um elemento estrutural) e reduz os efeitos eletromagnéticos. Este sistema não precisa ser tão emalhado quanto uma gaiola de malha, porque enquanto a esfera fictícia repousar sobre os fios esticados sem tocar na estrutura, a estrutura está protegida.

Este sistema tem, contudo, algumas limitações tais como de ordem estética e ao nível do comprimento do vão do condutor.

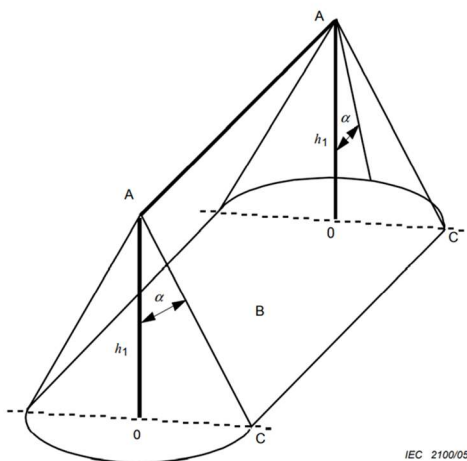


Figura 13 - Exemplo de cabo de guarda sobre uma estrutura

12.5.1.4 Sistemas Ativos - Para-Raios com Dispositivo de Ionização (PDI)

Os para-raios com dispositivo de ionização (PDI), são também denominados por ESE, do inglês Early Streamer Emission.

São para-raios que nas mesmas condições que um para-raios de haste simples, têm a capacidade de gerar um traçador ascendente de inicialização mais rápido. Na prática, um PDI de tamanho igual a um PHS, leva a um início mais rápido da descarga ascendente, que segundo alguns autores pode ser representado com um maior raio de proteção ou, para uma descarga atmosférica de proteção idêntica, por um aumento significativo da fiabilidade do para-raios de ponta simples.

Existem diferentes dispositivos para melhorar a eficiência de para-raios de ponta simples.

Nota: os para-raios radioativos são proibidos por lei desde 1986.

Esses para-raios são validados por testes de laboratório (de acordo com a norma NP 4426) ou na natureza, e a sua eficácia ΔT é dada em microssegundos (μs). O valor máximo de ΔT permitido para o cálculo dos raios de proteção é de 60 μs , mesmo quando o valor dos resultados dos ensaios é superior.

Zona protegida, raios de proteção dum PDI

A área protegida é delimitada pelo raio de proteção, correspondente às diferentes alturas h consideradas (ex. h da cobertura e h_1 da base do edifício) e cujo eixo é o mesmo do para-raios (ver Figura 14).

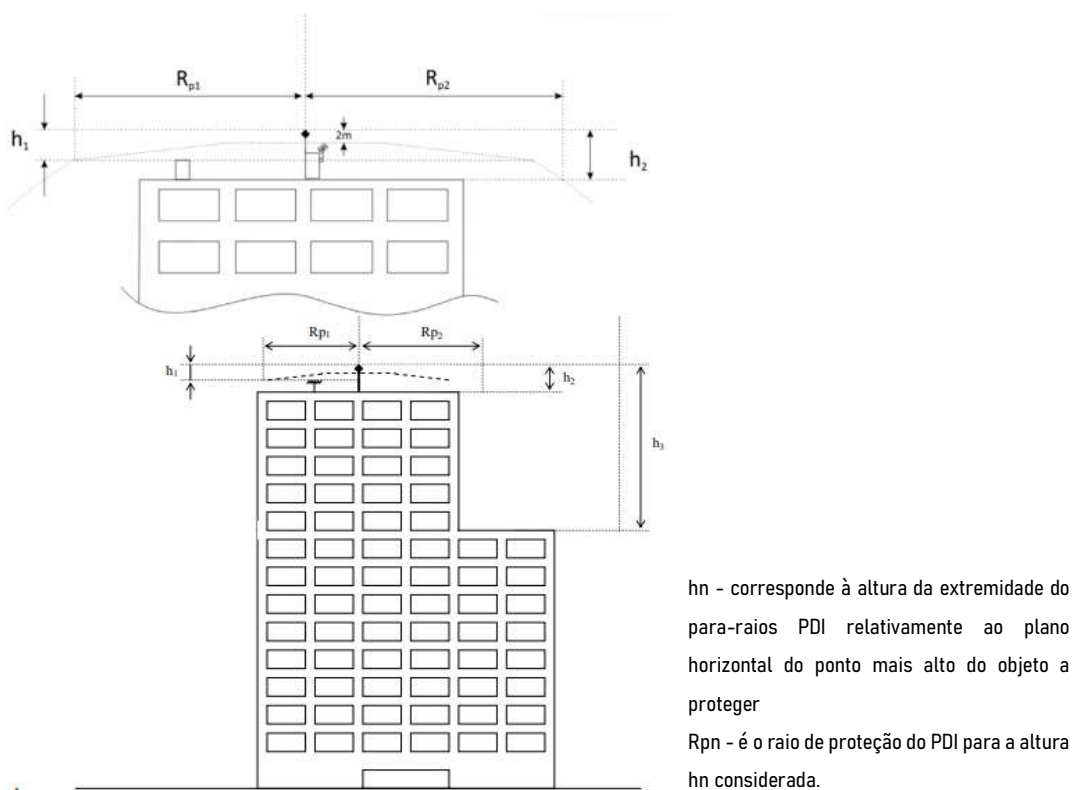


Figura 14 - Raio de proteção (assumindo $h_1 \geq 5$ m)

O raio de proteção de um PDI está ligado à sua altura (h) em relação à superfície a proteger, ao seu tempo de avanço de ionização e ao nível de proteção selecionado (ver anexo A da NP 4426) e é calculado de acordo com a metodologia de cálculo apresentada na NP 4426:



$$R_p(h) = \sqrt{2rh - h^2 + \Delta(2r + \Delta)} \quad \text{para } h \geq 5 \text{ m}$$

e

$$R_p = h \times R_p(5) / 5 \quad \text{para } 2 \text{ m} \leq h \leq 5 \text{ m}$$

onde:

$R_p(h)$ (m) corresponde ao raio de proteção de uma dada altura h

h (m) é a altura da extremidade do PDI relativamente ao plano horizontal do ponto mais alto do objeto a proteger

r (m) = 20 m para a proteção de nível I

r (m) = 30 m para a proteção de nível II

r (m) = 45 m para a proteção de nível III

r (m) = 60 m para a proteção de nível IV

(m) $\Delta = \Delta T \times 10^6$

Os fabricantes apresentam tabelas com os raios de proteção para os diferentes níveis, em função da altura útil ao plano horizontal do ponto mais alto do objeto a proteger, relativos aos diferentes tempos de avanço à ignição do PDI.

Os PDI são produtos que não são alimentados, e a sua energia deriva apenas do campo elétrico circundante, que se torna cada vez mais importante à medida que o líder descendente se aproxima do solo. Alguns usam um circuito elétrico, outros um circuito eletrónico e alguns usam uma forma particular na extremidade do PDI ou uma combinação dessas soluções.

Alguns PDI são equipados com painéis solares, mas o objetivo não é promover a descarga, mas alimentar um dispositivo de monitorização no PDI para monitorizar o seu estado remotamente.

12.5.1.1 Captura por componentes naturais

Algumas partes da estrutura podem ser utilizadas como captura, desde que respeitem as condições dadas na norma NP EN62305-3. São principalmente chapa de metal ou, tubos ou, grades de proteção.

O ANEXO A.4 apresenta uma tabela sobre as principais diferenças entre um SPDA segundo a NP EN 62305-3 (ex. para-raios haste simples) e a NP 4426 (para-raios ionizante).



12.5.2 SPDA isolado

Um novo conceito surgiu nos últimos anos, que consiste em manter a vantagem do isolamento físico entre o SPDA e a estrutura protegida. O isolamento permite que a corrente da descarga nunca passe na estrutura a proteger. Existem sistemas isolados que são fisicamente isolados das estruturas, mas também existem sistemas que estão em contacto com as estruturas a proteger. Nesse caso, devem-se utilizar cabos isolados para as baixadas. A captura é feita por um para-raios que se apoia num mastro isolante, ele próprio fixo à estrutura do edifício. O(s) condutor(es) de baixada são ligados ao para-raios e sujeitos ao cumprimento de um certo número de regras que dependem de cada fabricante. Os cabos isolados são fornecidos para uma distância de separação equivalente no ar, sendo que as distâncias de separação equivalente preferenciais são 25cm, 50cm, 75cm e 100cm, de acordo com a IEC TS 62561-8. Em função das condições reais da instalação podem ser necessários outros valores (mais baixos ou mais elevados). O princípio de tais cabos é baseado num princípio semelhante aos cabos de média tensão subterrâneos, levando em consideração as especificidades das descargas atmosféricas. Observa-se que este tipo de cabo não reduz o campo magnético e, portanto, em caso de circulação no edifício, deve-se manter afastado de sistemas sensíveis e cabos ligados a esses sistemas.

Os componentes de um SPDI isolado deste tipo devem atender aos requisitos da especificação técnica IEC TS 62561-8.

12.5.3 Descargas atmosféricas laterais

Para edifícios com mais de 60 m, deverá ser considerada a possibilidade de ocorrência de descargas, sendo necessário proteger os últimos 20% das fachadas por meio do dispositivo de captura considerado para a cobertura.

Na parte inferior do edifício (os 80% restantes) consideram-se apenas os condutores de baixadas, enquanto na parte superior (os últimos 20%) os condutores são condutores de captura.

As medidas a implantar nos 20% das fachadas devem respeitar as exigências da norma do sistema de captura escolhido.



12.5.4 Condutores de captura e baixada

A sua função consiste em conduzir a corrente de descarga atmosférica do para-raios, até ao sistema de terras.

Tendo em conta o aquecimento devido à passagem das correntes da descarga, podem-se utilizar condutores de pequena secção. Na prática, devem ser levadas em consideração outras restrições, tais como o risco de danos mecânicos ou corrosão, assim como as forças eletrodinâmicas. Além disso, os condutores do telhado e da baixada não devem ser danificados por impactos diretos de descargas.

Outros requisitos específicos, que não são considerados no presente texto são definidos na NP EN 62305, NP EN 62561 e NP 4426.

Os materiais e dimensões dos condutores de baixada deverão estar de acordo com a série de normas NP EN 62561



QUADRO XVII - Material, configuração, secção, diâmetros e espessuras de condutores de captação, pontas de captação passivas de ar, eléctrodo de terra e condutores de descida

Material	Configuração	Secção ^{a)} mm ²	Dimensões recomendadas
Cobre, Cobre estanhado ^{b)}	Em fita maciço	≥ 50	2 mm de espessura
	Redondo maciço ^{d)}	≥ 50	8 mm de diâmetro
	Trançado ^{f)}	≥ 50	1,14 mm a 1,7 mm de diâmetro da trança
	Haste redonda aciça ^{h)}	≥ 176	15 mm de espessura
Alumínio	Em fita maciço	≥ 70	3 mm de espessura
	Redondo maciço ^{d)}	≥ 50	8 mm de diâmetro
	Trançado ^{f)}	≥ 50	1,63 mm de diâmetro da trança
Liga de alumínio revestida de cobre	Redondo maciço	≥ 50	8 mm de diâmetro
Liga de alumínio	Em fita maciço	≥ 50	2,5 mm de espessura
	Redondo maciço ^{d)}	≥ 50	8 mm de diâmetro
	Trançado ^{f)}	≥ 50	1,7 mm de diâmetro da trança
	Haste redonda maciça ^{h)}	≥ 176	15 mm de diâmetro
Aço galvanizado por imersão a quente	Em fita maciço	≥ 50	2,5 mm de espessura
	Redondo maciço ^{d)}	≥ 50	8 mm de diâmetro
	Trançado ^{f)}	≥ 50	1,7 mm de diâmetro da trança
	Haste redonda maciça ^{h)}	≥ 176	15 mm de diâmetro
Aço revestido a cobre ^{e)}	Redondo maciço	≥ 50	8 mm de diâmetro
	Em fita maciço	≥ 50	2,5 mm de espessura
Aço inoxidável ^{c)}	Em fita maciço ⁱ⁾	≥ 50	2 mm de espessura
	Redondo maciço ⁱ⁾	≥ 50	8 mm de diâmetro
	Trançado ^{f)}	≥ 70	1,7 mm de diâmetro da trança
	Haste redonda maciça ^{h)}	≥ 176	15 mm de diâmetro



- a) Tolerância de fabrico: -3 %.
- b) Banhado a quente ou galvanizado; revestimento de espessura mínima de 1 µm. Não há necessidade de medir o cobre estanhado porque é utilizado apenas por razões estéticas.
- c) Crómio ≥ 16 %; Níquel ≥ 8 %; Carbono $\leq 0,08$ %.
- d) 50 mm² (8 mm de diâmetro) pode ser reduzido para 28 mm² (6 mm de diâmetro) em certas aplicações onde a resistência mecânica não é um requisito essencial. Neste caso, deverá ter-se em consideração a redução do espaçamento entre fixações.
- e) Revestimento de cobre radial mínimo de 70 µm com 99,9% de teor de cobre.
- f) A área da seção transversal de condutores trançados é determinada pela resistência do condutor de acordo com IEC 60228.
- g) Se os eletrodos de terra estiverem parcialmente instalados no solo, ela deve atender aos requisitos da Tabela 2 e da Tabela 3 da EN 62561-2
- h) Aplicável para hastes de captura e eletrodos de terra. Para hastes de captura relativamente às quais os esforços mecânicos, tal como a carga originada pelo vento, não são críticos, poderá ser utilizada uma haste com um diâmetro de 9,5 mm e um comprimento de 1 m.
- i) Se as considerações térmicas e mecânicas constituem elementos importantes, então estes valores deverão ser aumentados para 75 mm².

Nota: Este quadro não dispensa a leitura da EN 62561-2.

Para a forma de aplicação dos condutores, ver NP EN 62305-3 e NP 4426, conforme o tipo de SPF.

É possível a utilização de cabos isolados se os mesmos cumprirem com os ensaios da EIC/TS 62561-8:2018 e os requisitos da NP EN 62503-3.

Segundo a norma NP EN 62305-3 as fixações dos condutores são normalmente instaladas a cada 50 cm para fitas e a cada 1 m para condutores redondos maciços que são mais rígidos. Em algumas normas, como a NP 4426, são exigidas distâncias entre fixações, nesta última em todos os 33cm.

O condutor de baixada deverá ser instalado de modo que a sua trajetória seja o mais curta e direta possível, de acordo com os requisitos das NP EN 62305 para os sistemas passivos e da NP 4426 para os sistemas ativos (PDI).

12.5.4.1 Número de condutores de baixada

O número de condutores de baixada de um SPDA está relacionado com a distância de separação necessária.

Os condutores de baixada devem, sempre que possível, serem instalados nos cantos do edifício a proteger.



Duas baixadas são consideradas independentes se estiverem separadas de pelo menos 2 m, sendo tolerado que a trajetória seja idêntica sobre um comprimento equivalente a 5 % do comprimento total do condutor de baixada mais curto.

As regras de instalação dos condutores de baixada devem estar de acordo com as normas de instalação dos captosres utilizados.

Deve ser considerada uma especial atenção para os SPDA instalados em contacto com materiais combustíveis.

12.5.4.2 SPDA não isolado

O número de baixadas não deve ser inferior a dois e deverá ser distribuído em torno do perímetro do edifício a proteger, de acordo com as restrições da arquitetura e com um espaçamento uniforme.

- Para uma gaiola de malha, o número de condutores de baixada é determinado pelo nível de proteção e a distância de separação. O valor usual é dado no Quadro XVIII.

QUADRO XVIII - Distância habitual entre baixadas numa gaiola/malha

Nível proteção de SPDA	Separação entre baixadas [m]
I	10
II	10
III	15
IV	20

- Para um PHS, o número de condutores de baixada é fixado pela distância de separação com o mínimo de 2;
- Para os para-raios com Dispositivo de Ionização o número de condutores de baixada é fixado pela distância de separação, com o mínimo de 2.

Notas:

- no caso em que existam vários PHS instalados no telhado e estes sejam interligados entre eles, duas baixadas podem ser suficientes.
- no caso em que existam vários PDI instalados no telhado e estes sejam interligados entre eles, o número mínimo de baixadas deverá ser pelo menos igual ao número de PDI instalados.

12.5.4.3 SPDA isolado

Para SPDA isolado, o número e localização deverá ser:

- Se o dispositivo de captura é constituído por hastes em mastros separados (ou mastro único), deverá ser disposto pelo menos um condutor de baixada por mastro;
- Se o dispositivo de captura é constituído por fios de catenárias, pelo menos um condutor de baixada é necessário para cada suporte da catenária;
- Para um SPDA isolado com PHS o número mínimo de condutores de baixada é 1;
- Para um SPDA isolado com PDI o número mínimo de condutores de baixada é 1.

Notas:

- quando o para-raios for instalado sobre uma estrutura metálica, esta pode substituir uma das baixadas.
- os componentes naturais devem ter uma impedância baixa e permanente. Pode ser necessário adicionar um condutor de baixada específico de acordo com a norma NP EN 62561-2, para se obter essa baixa impedância.

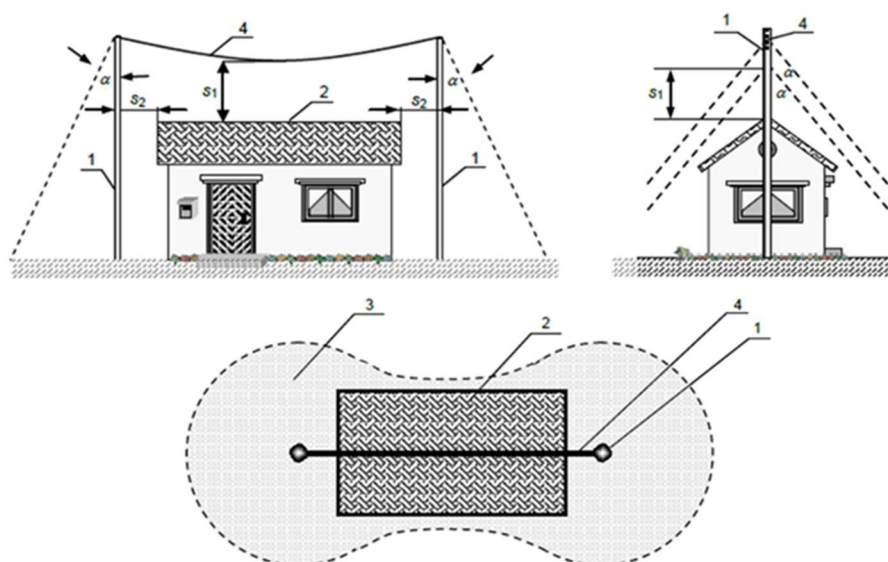


Figura 15 - Exemplo de sistema isolado com cabos de guarda

12.5.4.4 Trajetória do condutor de baixada

Os condutores de baixada devem, sempre que possível ser instalados no exterior do edifício.



Quando um condutor de baixada não puder ser instalado no exterior do edifício, poderá ser instalado no interior, em parte ou na totalidade da altura do edifício. Neste caso, deverão ser tidas em consideração as regras de instalação definidas para o captor utilizado.

O proprietário da instalação deverá ser informado das dificuldades criadas para a verificação e manutenção de condutores de baixada e os correspondentes riscos de sobretensões no interior do edifício.

12.5.4.5 Componentes naturais

Alguns componentes metálicos da estrutura, tais como armadura do betão (para este último, asseguramos que a continuidade seja obtida durante a construção antes da injeção do betão e uma vez concluído, que a resistência entre os pontos extremos entre o topo e ao nível do solo seja menor ou igual a 0,2 ohm se a captura for feita por sistema passivo e 0,1 se for PDI), e os revestimentos metálicos podem ser usados como condutores de baixada se a sua continuidade entre o ponto de ligação à captura e o ponto de ligação à terra, for boa e durável e podem substituir toda ou parte de um condutor de baixada. Em caso de dúvida da condutividade, deverá ser efetuada uma medição e o valor da resistência medida não deverá ultrapassar os valores constantes das normas do captor utilizado.

A secção transversal dos componentes naturais deverá ser de pelo menos 50 mm², mas esse requisito é frequentemente excedido para os componentes naturais.

Outros requisitos específicos são definidos na NP EN 62305, NP EN 62561 e NP 4426.

12.5.4.6 Proteção mecânica de baixada

No caso de um SPDAI (NP 4426) sempre que as baixadas estejam acessíveis, deverão ser protegidas contra choques mecânicos, com calhas de proteção até uma altura de pelo menos 2 m acima do nível do solo.

12.5.4.7 Ligador amovível

Cada condutor de baixada dedicado deverá ser equipado com um ligador amovível para permitir desligar o sistema de terra e se proceder às medições.

No caso de utilização de componentes naturais como condutor de baixada, o ligador amovível será instalado na caixa de visita ao pé da baixada.



12.5.4.8 Edifícios sensíveis

Alguns edifícios são dotados de instalações críticas, com maior perigosidade de danos em caso de impacto de uma descarga atmosférica, tais como, atmosferas explosivas, e deverão ser classificados com níveis de proteção I + e I ++. Nestes casos, será necessário implementar medidas de proteção do nível I acrescidas de medidas de proteção adicionais. Essas medidas deverão estar de acordo com a norma respetiva do sistema de captura considerado.

12.5.5 Distância de separação

A distância de separação é uma parte importante do projeto de um SPDA.

A distância de separação é denominada “s” e garante o isolamento elétrico entre o dispositivo de captura ou os condutores de baixa e as partes metálicas da estrutura ligadas à terra, os equipamentos ligados à terra e as redes elétricas ou de dados. É essencial controlar a distância de separação no trajeto dos condutores de baixa do SPDA, de forma a evitar o impacto nesses elementos.

A distância de separação é igual a 0 no nível do solo, porque neste nível devem-se tornar equipotenciais a terra elétrica, a terra do edifício e a terra da descarga atmosférica, mesmo para um SPDA isolado. A distância de separação é máxima no ponto mais alto do dispositivo de captura.

A distância de separação depende em particular do número de condutores de baixa e quanto mais baixadas existirem (uniformemente distribuídas ao longo da periferia da estrutura) a distância de separação diminuirá. A distância de separação também depende do nível de proteção, do comprimento dos condutores de baixa, do material isolante entre o condutor SPDA e do equipamento em questão.

A fórmula genérica para calcular a distância de separação é a seguinte:

$$s = \frac{k_i}{k_m} \times k_c \times l$$

Onde:

k_i depende do nível de proteção;

k_c da repartição da corrente em % entre os vários condutores de telhado e de baixa;

k_m depende do material isolante;

l é o comprimento mais curto seguindo os condutores SPDA entre o ponto considerado para cálculo e a terra (o caso mais desfavorável, no exemplo, é o ponto no final de um PHS, Figura 16).

A distância de separação pode ser de alguns cm a algumas dezenas de cm para atingir valores de alguns m para edifícios altos ou edifícios longos.

Na prática, o parâmetro mais difícil de calcular é o k_c , pois quando existem mais de dois condutores de baixada, é quase sempre necessário o uso de um software especializado. Quando existe apenas um condutor de baixada (possível apenas para um SPDA isolado), k_c é 1 (100% da corrente fluirá por este condutor). Quando existem dois condutores de baixada de comprimento idêntico k_c é igual a 0,5 (50% da corrente em cada condutor), mas quando o comprimento das duas baixadas é diferente, a distribuição k_c pode-se aproximar de 100% se a segunda baixada for muito extensa.

A figura a seguir mostra o princípio da distância de separação para dois objetos (um equipamento elétrico e um tubo de metal) localizados em dois locais diferentes na estrutura (correspondendo a dois comprimentos de condutores de queda de descarga diferentes l_1 e l_2 com $l_1 > l_2$ e, portanto, $s_1 > s_2$). Neste exemplo, o PHS está no centro e, portanto, $k_c = 0,5$. Deve-se notar que, a distância de separação é crítica para objetos localizados no exterior da estrutura, mas também deve ser levada em consideração dentro da estrutura, quando a estrutura não é envolvida por uma placa de metal.

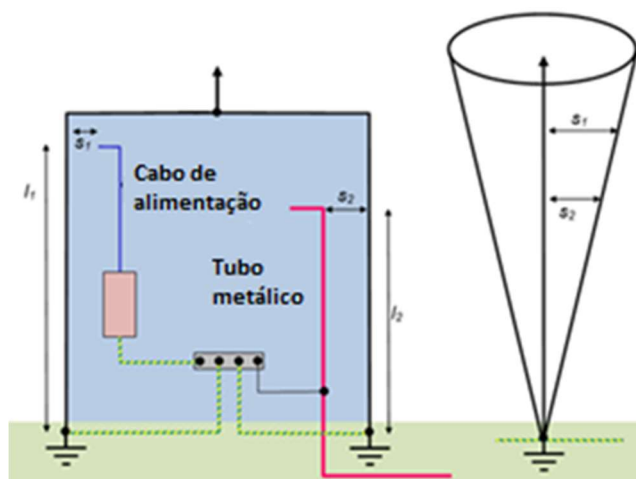


Figura 16 - Princípio da distância de separação

As normas NP EN 62305-3 e NP 4426 definem os valores a considerar para k_i , k_m e as fórmulas para o cálculo de k_c .



12.5.6 Rede de terras

A principal função da rede de terras num sistema de proteção é escoar as correntes das descargas no solo, proteger as pessoas minimizando o potencial do eletrodo de terra. A ligação à terra também desempenha um papel essencial para a proteção de pessoas e equipamentos elétricos interiores. Para garantir esta segunda função, uma rede de terra deverá atender a especificações precisas e deverá ser realizada com o máximo cuidado. Os condutores enterrados serão da mesma secção e do mesmo tipo que os usados para as baixadas, mas o alumínio não deverá ser utilizado devido ao risco de corrosão.

Uma rede de terras consiste num conjunto de condutores enterrados, horizontalmente em vala ou verticalmente na forma de piquets de terra, a uma profundidade mínima de 50 cm. O comprimento total do condutor enterrado depende essencialmente da natureza dos solos, que determinam a sua resistividade, e da espessura das várias camadas do solo (solos argilosos, marinhos, arenosos, graníticos, camada de húmus sobre solo rochoso, etc). Quando o solo é de boa condutividade, muitas vezes, a ligação à terra pode ser feita apenas por "pés de galo", ou seja, três cabos enterrados horizontalmente numa estrela, de 3 m a 5 m de comprimento cada, e ligados a cada baixada de para-raios. Se a camada profunda for melhor condutora do que a camada superficial (por exemplo, porque é húmida), esses pés de galo serão complementados por piquets (eletrodos verticais).

Uma ligação à terra específica no pé de cada uma das baixadas é chamada, na norma NP EN 62305-3, ligação à terra Tipo A. Ter dois eletrodos por ligação à terra é importante para reduzir a impedância.

Três eletrodos, como é chamada a ligação à terra em pé de galo, não é necessária, mesmo que continue a ser uma solução útil.

Outra forma de ligação à terra, recomendada, é a de eletrodo em anel, (podem ser as fundações do edifício, solução esta que só possível se for realizada durante a construção do edifício) essa solução é descrita pelo termo genérico de eletrodo de terra do tipo B. No entanto, note-se que para uma estrutura de grande superfície, no caso de queda de uma descarga atmosférica, poderão surgir diferenças de potencial entre os diferentes pontos da terra no anel, pois a corrente não é distribuída igualmente entre todas as baixadas.

Para melhorar a distribuição de potencial ao longo do circuito de terras, também se deverá construir uma malha de terras sob o edifício.



Figura 17 - Sistema de terra tipo A



Figura 18 - Sistema de terra tipo B

No caso de uma gaiola de malha, o elétrodo de terra ideal é o elétrodo de terra em anel, pois permite que todas as baixadas sejam interligadas à mesma referência, promovendo a distribuição das correntes das descargas atmosféricas em todas as malhas.

A rede de terras das descargas atmosféricas, qualquer que seja sua forma, deverá ser ligada em cada uma das baixadas à ligação de terras do edifício (terra elétrica) para garantir a equipotencialidade.

Durante muito tempo foi assumido que uma rede de terras de um SPDA deve ter um valor inferior a 10 ohms, mas isso apresenta dois problemas fundamentais:

- A origem do valor de 10 ohms nunca foi explicada;
- O raio é um fenómeno de alta frequência e, a este respeito, a avaliação adequada de uma rede de terras é feita através de sua impedância e não de sua resistência.

Uma rede de terras de baixa resistência pode ter uma alta impedância dependendo de sua forma.

Para os sistemas passivos, a norma NP EN 62305-3 permite a utilização de valores superiores aos 10 ohms se forem respeitadas determinadas condições de dimensionamento, assim como, a configuração da rede de terras. Podem ser projetadas: uma rede de terras Tipo A ou B. Na configuração Tipo A o comprimento l_1 de cada elétrodo enterrado, corresponde à figura abaixo, que dá este comprimento de acordo com o nível de proteção e resistividade do solo. Para a rede de terras Tipo B, l_1 representa o raio do círculo que possui uma área equivalente à superfície da rede de terras, neste caso se l_1 calculado não for pelo menos igual ao l_1 da figura, a superfície não é suficiente, será aconselhável acrescentar elétrodos do tipo A cujo comprimento irá compensar o comprimento que falta no quadro obtido da superfície do anel.

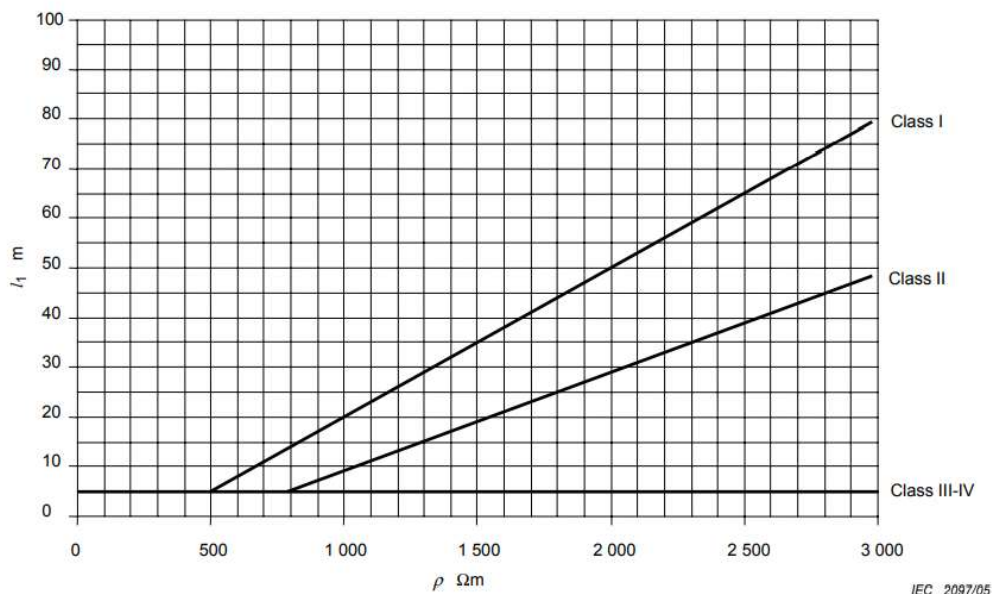


Figura 19 - Comprimento mínimo de cada eletrodo de terra de acordo com o nível de proteção do SPDI e a resistividade do solo

Para diminuir o valor da resistência ao mesmo tempo da impedância de um eletrodo de terra, é vantajoso usar piquets em vez de fitas em valas.

Na prática um piquet é duas vezes mais eficaz do que um eletrodo horizontal em baixa e alta frequência. Também é possível usar um produto de melhoramento de terra eficaz, de acordo com a norma NP EN 62561-7.

Nota: no caso da NP 4426 não podemos utilizar a figura anterior e devemos respeitar as exigências desta norma.

No caso dos PDI, a norma NP 4426 tem como requisito obrigatório um valor de resistência da rede de terras inferior ou igual a 10 ohms, para assegurar o bom funcionamento do PDI. Pode-se igualmente utilizar redes de terra do tipo A e do tipo B.

Se o valor de 10 ohms não puder ser obtido, deverão ser tomadas medidas complementares, e a terra será considerada conforme se a totalidade dos eletrodos enterrados possuírem um comprimento de 160 m para o nível I e 100 m para os outros níveis. O comprimento de cada eletrodo não deverá ultrapassar os 8 m.

12.5.7 Os componentes do SPDA: a série de normas NP EN 62561 e CLC TS 50703

Os componentes de um SPDI externo devem estar em conformidade com as normas NP EN 62561 e CLC TS 50703 quando aplicável.



Outros componentes devem atender a outras normas, como protetores contra sobretensões (normas da série 61643) e PDI (NP 4426).

12.5.8 Proteção de pessoas

Quando, em condições normais, estão presentes pessoas nas proximidades dos condutores de baixada de um SPDA, pode haver risco de vida, mesmo que o SPDA tenha sido projetado e construído de acordo com os requisitos mencionados acima.

As agressões a que estão sujeitas as pessoas nas proximidades do SPDA, são a tensão de contacto/toque e a tensão de passo. Assim, devem ser tomadas medidas para reduzir esses riscos.

O risco é reduzido a um nível tolerável se uma das seguintes condições for atendida:

- Medidas contra tensões de contacto/toque:
 - a) em condições normais de funcionamento, não existam pessoas a menos de 3 m dos condutores de baixada;
 - b) o sistema condutor de baixada “natural” é constituído no mínimo por 10 colunas da estrutura metálica do edifício/estrutura ou, no mínimo por 10 pilares de aço interligados da estrutura, com a continuidade elétrica assegurada;

Nota: nos casos em que a minimização do potencial de passo e contacto é essencial, é recomendado que seja realizado o cálculo detalhado usando Software adequado.

- c) a resistência de contato com o solo, num raio de 3 m em torno do condutor de baixada, não seja inferior a 100 k Ω numa área de passo típico (0,02 m²).

Nota: uma camada de material isolante, por ex. o asfalto, de 5 cm de espessura, geralmente reduz o risco a um nível tolerável.

Se nenhuma dessas condições for satisfeita, devem ser adotadas medidas de proteção contra lesões a seres humanos devido a tensões de contacto, como segue:

- a) o isolamento do condutor de baixada, sendo que o isolamento deve suportar uma tensão de choque de 100 kV, 1,2/50 μ s, por exemplo, polietileno reticulado com o mínimo de 3 mm;



Se o isolamento for testado, a resistência deve ser considerada em condições húmidas.

- b) restrições físicas e/ou sinalização para minimizar a probabilidade de contacto com os condutores de baixada.

A sinalização deve estar em conformidade com as normas relevantes (ISO 3864-1).

- Medidas de proteção contra tensões de passo:

Em certas condições, a proximidade dos condutores de baixada pode ser perigosa para a vida, mesmo que o SPDA tenha sido projetado e construído de acordo com as regras acima mencionadas.

O perigo é reduzido a um nível tolerável se uma das seguintes condições for atendida:

- a) em condições normais de funcionamento, não existam pessoas a menos de 3 m dos condutores de descida;
- b) o sistema condutor de baixada “natural” é constituído no mínimo por 10 colunas da estrutura metálica do edifício/estrutura ou, no mínimo por 10 pilares de aço interligados da estrutura, com a continuidade elétrica assegurada;
- c) a resistência de contato da camada superficial do solo, num raio de 3 m em torno do condutor de baixada, não seja inferior a 100 k Ω .

Uma camada de material isolante, por ex. o asfalto, de 5 cm de espessura, geralmente reduz o risco a um nível tolerável.

Nota: nos casos onde o passo e o potencial de contacto são essenciais, é recomendado que seja realizado o cálculo detalhado usando Software adequado.

Se nenhuma dessas condições for atendida, devem ser adotadas medidas de proteção contra lesões a seres humanos devido a tensões de passo da seguinte forma:

- a) equipotencialização por meio de um sistema em malha de ligação à terra;



Para mais informações ver normas NP EN 62305-3 Anexo D e norma NP 4426.

- b) restrições físicas e/ou sinalização para minimizar a probabilidade de acesso à área perigosa, a menos de 3 m da baixada.

A sinalização deve estar em conformidade as normas relevantes (ver ISO 3864-1).

O objetivo das medidas contra tensões de passo é limitar a tensão de passo máxima para seres humanos a 25 kV sob uma corrente de impulso de 10/350 μ s para um passo de 1 m.

12.5.9 Equipotencialização

O SPDA deve ser equipotencial com:

- a estrutura metálica;
- as instalações metálicas;
- os sistemas interiores;
- os elementos externos condutores e as linhas ligadas à estrutura.

Quando uma ligação equipotencial entre o SPDA e um desses elementos é realizada deve-se ter em consideração que uma parte da corrente da descarga atmosférica passará por esse elemento.

Ligação equipotencial de descargas atmosféricas entre elementos condutores externos:

- No caso de um SPDA exterior isolado, a ligação deve ser realizada apenas ao nível do solo;
- No caso de um SPDA, exterior não isolado, as ligações equipotenciais devem ser realizadas nos seguintes locais:
 - a) no subsolo ou aproximadamente ao nível do solo;
 - b) onde os requisitos de isolamento não forem cumpridos (distâncias inferiores à distância "s").

As ligações equipotenciais devem ser efetuadas através de:

- condutores de equipotencialidade, se uma continuidade natural não for obtida;



- protetor de isolamento conforme a NP EN 62561-3, kits de equipotencialização;
- protetores de sobretensões, se a equipotencialidade através de condutores não for possível.

Os valores mínimos das secções de ligação equipotencial entre as barras e a terra são apresentados no Quadro XIX.

QUADRO XIX - Dimensões mínimas dos condutores ligados a diferentes barras de equipotencialidade ou entre as barras de equipotencialidade e a terra

Nível de proteção	Material	Secção transversal mm ²
I a IV	Cobre	16
	Alumínio	25
	Aço	50

Os valores mínimos das secções de ligação equipotencial entre as instalações metálicas e as barras são apresentados no e Quadro XX.

QUADRO XX - Dimensões mínimas dos condutores de ligação entre os elementos metálicos internos e o ligador amovível principal

Nível de proteção	Material	Secção transversal mm ²
I a IV	Cobre	6
	Alumínio	8
	Aço	16

Para os elementos condutores exteriores, a ligação de equipotencialidade da descarga atmosférica deve ser estabelecida o mais próximo possível do seu ponto de entrada da corrente na estrutura a proteger.

Os condutores de equipotencialidade deverão suportar a passagem de parte da corrente da descarga atmosférica.

No caso da instalação de um SPDA, a equipotencialização entre este e as redes internas é obrigatória e deverá ser feita através de protetores de sobretensões Tipo 1 que deverão ser dimensionados em função do nível de proteção, da distribuição da corrente na estrutura a proteger e do tipo de rede.



12.5.10 Contador de descargas atmosféricas

O contador de descargas (conta o número de impactos num SPDA) serve essencialmente para controlo do mesmo e deverá estar em conformidade com a norma NP EN 62561-6.

O contador de descargas atmosféricas, poderá ser instalado num dos condutores de baixada logo acima da caixa de medição de terra ou no condutor de terras do protetor de sobretensões Tipo 1.

12.6 ANEXO A.6 - DIFERENÇAS ENTRE UM SPDA USANDO UM PDI (NP4426) E UM SPDA COM PARA-RAIOS DE HASTE SIMPLES (NP EN 62305-3)

Com exceção da captura, o SPDI baseado em PDI usa quase as mesmas regras e componentes acima identificados. No entanto, existem algumas diferenças, sendo as principais listadas no Quadro XXI.

QUADRO XXI - Diferenças entre um SPDA usando um PDI (np4426) e um SPDA com para-raios de haste simples

	PDI	PHS
Captura	Raio de proteção dependendo da fórmula que relaciona o avanço Δ , o nível de proteção e a altura do PDI acima da zona a ser protegida	Raio de proteção dependendo do nível de proteção e também da altura acima da área a ser protegida
	Ponta deverá estar pelo menos 2 m acima dos objetos a serem protegidos	Sem mínimo, e dimensionado de acordo com a área a proteger
Baixadas	Baixadas SPDA não isolado: pelo menos duas baixadas por PDI. Em caso de mais de um PDI os condutores de baixada podem ser partilhados se os PDIs forem interligados, respeitando o requisito de ter pelo menos n condutores de baixada= n PDIs	SPDA não isolado: pelo menos duas baixadas para o sistema de proteção independente do número de PHS
	Se edifício/estrutura mais de 60 m, proteção dos últimos 20% e pelo menos quatro baixadas (uma em cada canto) conectadas entre si	Se edifício/estrutura mais de 60 m, proteção dos últimos 20%.
	Se a estrutura for metálica (componente natural) $R < 0,1$ ohm	Se for estrutura metálica (componente natural) nenhuma medição, exceto se for betão armado $R < 0,2$ ohm
Rede de terras	Menos de 10 ohms, a menos que seja demonstrado que isso não é possível e, nesse caso, comprimento total mínimo de 160 (no nível de proteção I) ou 100 m de comprimento (para outros níveis), sem nunca exceder 20 m de comprimento por condutor	Menos de 10 ohm ou elétrodos de comprimento l1 dados por uma curva dependendo da resistividade do solo e do nível de proteção
	Anel de terra utilizável se menos de 10 ohms e se cada condutor inferior estiver ligado a um elétrodo horizontal de comprimento 4 m ou a uma estaca de comprimento 2 m	Anel de terra utilizável se o raio for maior que l1 dado por uma curva de acordo com a resistividade da terra e o nível de proteção ou se for menor que 10 ohms



12.7 ANEXO A.7 - SISTEMA INTERNO DE PROTEÇÃO CONTRA DESCARGAS ATMOSFÉRICAS

A dependência de equipamentos elétricos e eletrónicos continua a aumentar, tanto na vida profissional quanto na vida privada. As redes de dados em empresas ou instalações de emergência, como hospitais e bombeiros, são linhas vitais para uma troca de informações essenciais em tempo real. Os bancos de dados sensíveis necessitam de caminhos de transmissão fiáveis.

Não são apenas as descargas atmosféricas que representam uma ameaça latente a esses sistemas. Frequentemente, os dispositivos eletrónicos são danificados por sobretensões causadas por descargas atmosféricas remotas ou por operações de manobra nos grandes sistemas elétricos.

12.7.1 Proteção contra sobretensão através de ligação equipotencial

Se os dispositivos elétricos estiverem sujeitos a uma alta diferença de potencial ou sobretensão, poderão gerar-se quebras de isolamento e/ou aumento da tensão, que provocará a destruição do equipamento. Os dispositivos de proteção contra sobretensões (dst's) são, como um interruptor aberto, ligado ao sistema equipotencial, que faz um "curto-circuito" com segurança à tensão de sobretensão antes de uma falha destrutiva do isolamento.

A proteção contra sobretensões é uma parte do sistema de ligação equipotencial e protege contra uma falha de isolamento, evitando um curto-circuito e diminuindo o risco de incêndio. Também durante tempestades, grandes volumes de energia são libertados instantaneamente. Esses picos de tensão podem penetrar num edifício através de todos os tipos de ligações condutoras e causar enormes danos.

Os meios de proteção numa estrutura incluem protetores contra sobretensões coordenados, blindagem da estrutura ou cabos e circulação de condutores para minimizar anéis.

- A ligação a uma terra comum de todos os elementos condutores metálicos é um requisito para reduzir tensões na estrutura;
- Os protetores contra sobretensões Tipo 1 são dimensionados pelo cálculo de repartição de corrente; os outros protetores contra sobretensões (Tipo 2) são definidos pela coordenação com os para-raios Tipo 1;



- O conceito de zona de proteção contra descargas atmosféricas permite uma abordagem sistemática para proteção contra descargas atmosféricas interior.

12.7.2 Sistemas de ligação equipotencial

O uso correto de sistemas de ligação equipotencial evita tensões de contacto/toque perigosas entre os vários componentes do sistema.

É feita uma distinção entre “ligação equipotencial de proteção” e “ligação equipotencial de proteção adicional”.

- **Ligação equipotencial de proteção**

Todas as partes metálicas/conductoras que entram no edifício devem ser ligadas umas às outras para evitar diferenças de potencial.

Ligação de todas as partes metálicas/conductoras que entram no edifício ao barramento de terra principal:

- a) Eléktrodos de terra de fundações;
- b) Eléktrodos de terra de proteção contra descargas atmosféricas;
- c) Condutor para ligação equipotencial de proteção;
- d) Condutores de proteção dentro do sistema elétrico;
- e) Tubos de água, gás e linhas de aquecimento metálicos;
- f) Eléktrodos de terra de antenas;
- g) Partes metálicas do edifício, por ex. dutos de ar condicionado, guias de elevador, etc;
- h) Blindagem de cabos.

- Ligação equipotencial de proteção adicional

A ligação equipotencial de proteção contra descargas atmosféricas é uma extensão da ligação equipotencial de proteção geral. Isto é obtido utilizando dispositivos de proteção contra sobretensões para criar um sistema de compensação equipotencial adicional para todos os circuitos de alimentação do sistema de baixa tensão e tecnologia de informação.

As ligações equipotenciais devem permitir:

- a) possível isolar condutores;
- b) a ligação deve ser fiável;



c) a ligação apenas deve ser desfeita mediante ferramentas.

Para instalações sob condições em ambientes especiais, por exemplo, áreas potencialmente explosivas, ou onde seja aplicada legislação específica, deverá ser implementada uma ligação equipotencial de proteção adicional.

Todas as partes metálicas dos equipamentos fixos (não portáteis), devem ser ligados à ligação equipotencial de proteção adicional de forma a evitar acidentes por contactos inesperados ou contactos em simultâneo em vários equipamentos.

12.7.2.1 O que equipotencializar

Para evitar diferenças de potencial, os seguintes componentes do sistema devem ser interligados, através do barramento de terra principal, com cabos para ligação equipotencial de acordo com a norma IEC 60364-5-54:

- Tubagens e canalizações metálicas (condutoras);
- Outros componentes condutores;
- Condutores de proteção;
- Eléktodos de terra.

O barramento de terra principal deve estar localizado na área de ligação principal ou próximo das ligações do edifício. Em cada edifício, o cabo de terra e as partes condutoras descritas abaixo, devem ser ligadas ao sistema equipotencial de proteção através do barramento de terra principal:

- Caminho de cabos metálicos de sistema de alimentação do edifício;
- Partes condutoras estranhas á estrutura do edifício;
- Partes metálicas do sistema de aquecimento central metálico e ar condicionado;
- Condutores de proteção do sistema elétrico;
- Ferro da armadura de edifícios construídos em betão armado.

Os cabos de ligação equipotencial de proteção devem respeitar os requisitos da norma IEC 60364-441/IEC 60364-5-54. Na ligação equipotencial da proteção contra descargas atmosféricas, os cabos da ligação equipotencial devem ser dimensionados para correntes superiores. As secções transversais devem ser projetadas de acordo com a EN NP 62305.

12.7.2.2 Requisitos para ligação equipotencial:

- Deve ser possível isolar condutores;
- A ligação deve ser fiável;
- Só pode ser desfeito com ferramentas.

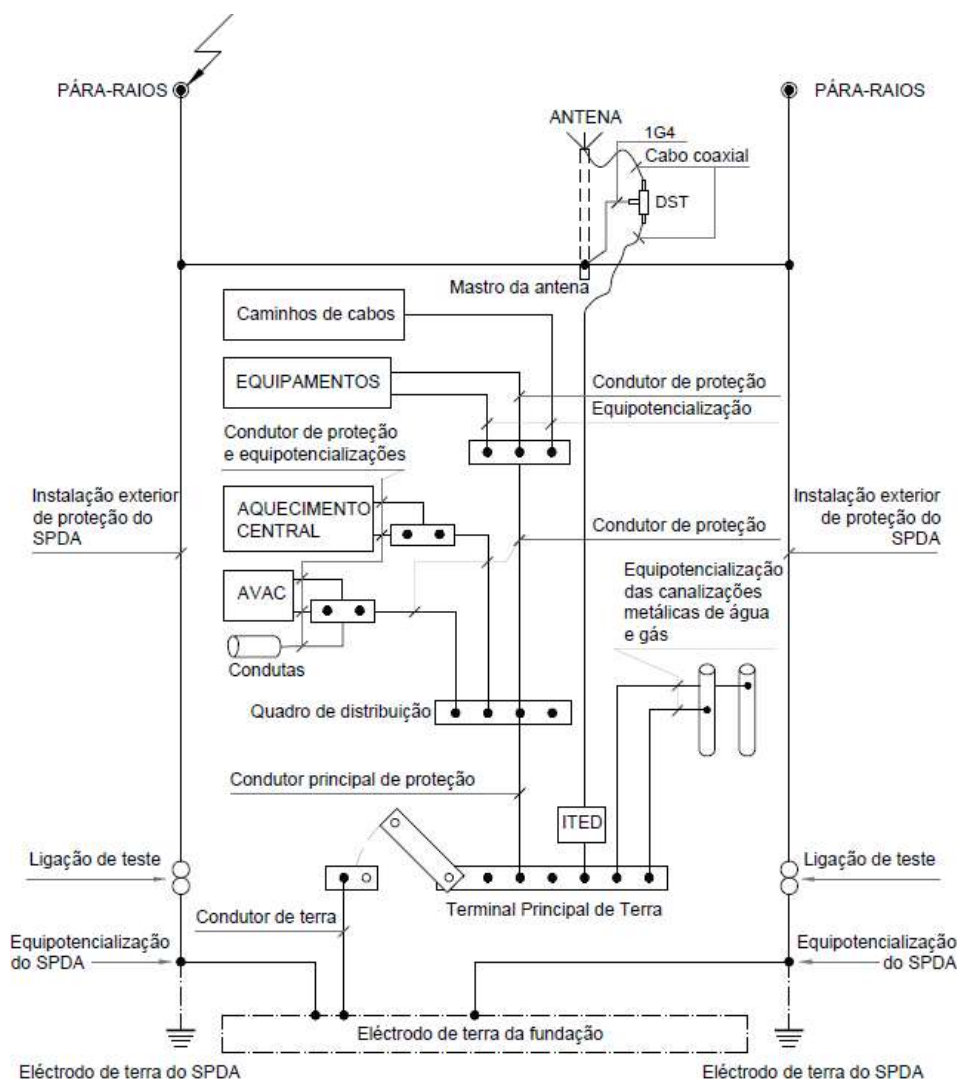


Figura 20 - Sistema equipotencial num edifício

12.7.2.3 Ligação equipotencial de acordo com IEC 60364-4-41 e IEC 60364-5-54

Os condutores de proteção devem ser protegidos de maneira adequada contra danos mecânicos, destruição química ou eletroquímica, bem como, contra forças eletrodinâmicas e termodinâmicas. Os dispositivos de comutação não devem ser inseridos no condutor de proteção, no entanto, são permitidas ligações para fins de testes.



Todas as partes metálicas/conductoras que entram no edifício devem ser ligadas umas às outras para evitar diferenças de potencial.

As secções dos condutores de equipotencialidade devem respeitar as dimensões dadas nas tabelas do ponto 12.5.9 desta Nota Técnica.

12.7.2.4 Áreas potencialmente explosivas

Os sistemas em áreas potencialmente explosivas requerem ligação equipotencial de acordo com a IEC 60079-14. Todos os corpos das partes eletricamente conductoras devem ser ligados ao sistema equipotencial.

12.7.3 Sistema de proteção contra sobretensões para sistemas de alimentação

Os picos de tensão muito elevados são causados por quedas de descargas atmosféricas nos sistemas de alimentação ou próximos a eles. Mesmo a várias centenas de metros de distância, as correntes de descargas atmosféricas também podem causar sobretensões inadmissíveis, por meio de acoplamento capacitivo, indutivo ou galvânico. Grandes tensões podem ser acopladas num raio de até 2 km.

As operações de manobra envolvendo cargas indutivas criam sobretensões perigosas nas redes de energia de média e baixa tensão.

12.7.3.1 Tipos sobretensões

As sobretensões transitórias, temporárias e permanentes representam os três tipos principais de sobretensões.

12.7.3.2 Sobretensões transitórias

Os picos transitórios são tensões de curta duração que duram microssegundos. As descargas atmosféricas e as operações de manobras/comutação geram sobretensões transitórias que podem ser evitadas com dispositivos de proteção contra sobretensões (dst's).

12.7.3.3 Sobretensões temporárias e permanentes

As sobretensões temporárias ou permanentes ocorrem devido a falhas na fonte de alimentação da rede elétrica. Por exemplo, uma quebra num cabo neutro pode gerar um aumento inadmissível na tensão no sistema de energia trifásico. A tensão excede a tensão nominal máxima permitida, os dispositivos eletrónicos serão danificados e os dispositivos



de proteção contra sobretensões (dst's) instalados podem não proteger contra essas falhas de rede de longa duração. Falhas da rede elétrica deste tipo podem durar entre vários segundos e várias horas.

12.7.3.4 Sobretensões de origem atmosférica (LEMP: Impulso eletromagnético de descarga atmosférica)

A norma internacional de proteção contra descargas atmosféricas IEC 62305, descreve como os impactos diretos de até 200 kA podem ser desviados para a terra em segurança. A corrente é acoplada no sistema de terras e, devido à queda de tensão na resistência de terra, metade da corrente elétrica é acoplada na instalação interna. A corrente parcial da descarga atmosférica divide-se entre as linhas de energia que entram no edifício, enquanto cerca de 5% entra nos cabos de dados. A queda de tensão na resistência de terra é calculada a partir do produto da corrente parcial da descarga (i) e a resistência de terra (R). Esta é então a diferença de potencial entre o sistema de terra local (ligação equipotencial) e os cabos ativos, que são ligados à terra a alguma distância da instalação.

12.7.3.5 Operações de manobra/comutação (SEMP: Pulso eletromagnético de comutação)

As operações de manobra/comutação ocorrem devido à comutação de grandes cargas indutivas e capacitivas, curto-circuitos e interrupções no sistema de fornecimento de energia. Eles são a causa mais comum de sobretensões. Essas sobretensões simulam correntes de descarga até 40 kA (8/20 μ s). As fontes incluem, por exemplo motores, balastros e cargas industriais.

12.7.3.6 Descargas estáticas (ESD: Descarga eletrostática)

As descargas eletrostáticas são causadas por atrito. Quando uma pessoa anda sobre um tapete, ocorre separação de carga - neste caso, é inofensivo para os humanos. No entanto, pode interferir e destruir os componentes eletrónicos. A ligação equipotencial é necessária para evitar essa separação de cargas.

12.7.4 Proteção contra sobretensões transitórias de origem atmosférica

A Parte 4 da norma de proteção contra descargas atmosféricas NP EN 62305, descreve como proteger sistemas elétricos e eletrónicos. As normas de segurança e instalação IEC 60364 também estipulam que as medidas de proteção contra sobretensões são necessárias como uma medida de proteção importante em sistemas de baixa tensão.

12.7.4.1 Conceito de zona de proteção contra descargas atmosféricas

O conceito de zona de proteção contra descargas atmosféricas (LPZ) é descrito na norma internacional IEC 62305-4. O conceito de zona de proteção contra descargas atmosféricas é baseado no princípio de redução gradual das sobretensões até um nível seguro antes que elas atinjam os terminais dos equipamentos elétricos/eletrónicos e causem danos. Para isso, toda a rede de energia de um edifício é dividida em zonas de proteção contra descargas atmosféricas. Uma zona é uma área ou uma secção do edifício na qual todos os equipamentos requerem o mesmo nível de proteção. A ligação equipotencial é criada em cada transição de uma zona para outra. As partes metálicas serão ligadas diretamente ao sistema equipotencial, enquanto que a proteção contra sobretensões correspondente à classe de requisitos (Tipo 1, 2 ou 3) será instalada entre os condutores ativos e o potencial de terra.

12.7.4.2 Vantagens do conceito de zona de proteção contra descargas atmosféricas

- Minimização dos acoplamentos de sobretensão noutros sistemas de cabos, descarregando à terra as correntes de descargas atmosféricas perigosas, diretamente no ponto de entrada do edifício e no ponto de transição dos cabos entre as zonas;
- Ligação equipotencial local dentro da zona de proteção;
- Redução de avarias devido a campos magnéticos;
- Conceito de proteção individual económico e fácil de projetar para edifícios novos, antigos e reconstruções.

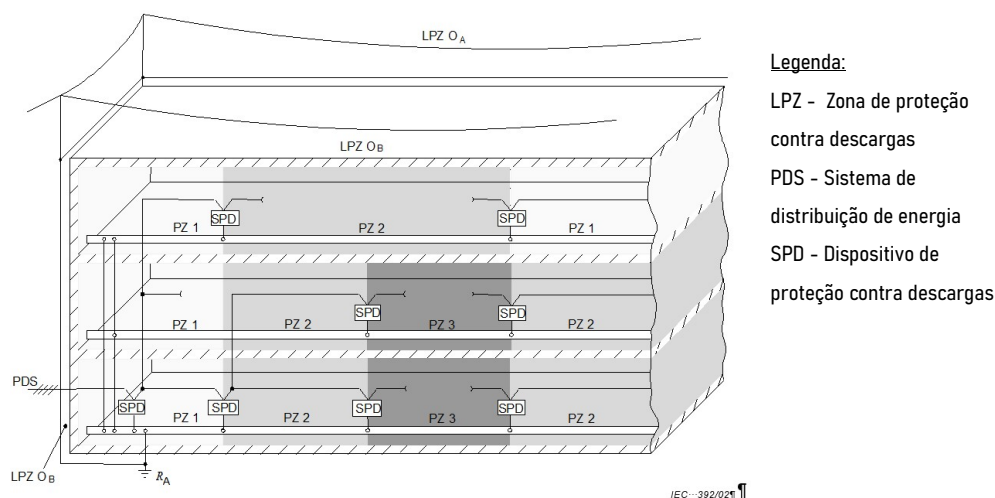


Figura 21 - Subdivisão de um edifício em zonas de proteção



Para reduzir as sobretensões internas na estrutura, a solução é um sistema de descarregadores de sobretensões coordenados. No entanto, é possível utilizar outros meios para reduzir as sobretensões induzidas na estrutura, tais como:

- A circulação de condutores para reduzir a área do anel, nomeadamente entre redes de natureza diferente (por exemplo, para um modem ligado a uma linha telefónica e a uma fonte de alimentação);
- A blindagem de cabos em caminhos e cabos contínuos, equipotenciais e fechadas ou fazendo-os circular em caminhos metálicos;
- A blindagem da estrutura com chapas ou armadura de betão armado.

No entanto, estas medidas apenas reduzem as sobretensões induzidas e não permitem o tratamento das sobretensões conduzidas ao longo dos condutores. Uma zona de proteção inclui protetores contra sobretensões na entrada de condutores na zona e, possivelmente, uma redução do campo magnético por blindagem. A estrutura protegida é uma zona de proteção 1 e as zonas externas estão na zona de proteção 0 (OA se o objeto estiver fora das zonas protegidas pelo SPDA e OB se o objeto estiver na zona protegida, mas exposto ao campo magnético máximo). A Zona 1 só é eficaz na redução do campo magnético se existir blindagem, mas mesmo sem essa blindagem, os protetores contra sobretensões de equipotencialidade reduzem as sobretensões conduzidas. As zonas internas (salas ou equipamentos) na estrutura constituem zonas de nível superior, sempre com protetores contra sobretensões na entrada da zona (protetores contra sobretensões Tipo 2 neste caso) e possivelmente blindagem adicional.

12.7.4.3 Tipo/classes dos dispositivos de proteção contra sobretensões

De acordo com a IEC 61643-11, dst's (dispositivos de proteção contra sobretensão) são divididos em três tipos/classes - Tipo 1, Tipo 2 e Tipo 3 (classes I, II e III). Esta norma contém regras, requisitos e testes para dispositivos de proteção contra sobretensões usados em redes AC com tensões nominais de até 1.000 V AC e frequências nominais entre 50 e 60 Hz.

12.7.4.4 Descarregadores de sobretensões Tipo 1 e combinado Tipo 1 + 2

Quando um edifício é protegido por um SPDA os protetores contra sobretensões a instalar na entrada das linhas numa estrutura são chamados de Tipo 1 ou também chamados de protetores de equipotencialidade. Geralmente a sua instalação é feita paralelamente às linhas externas da rede de energia.



Os descarregadores Tipo 1 são testados em laboratório simulando uma descarga direta com de onda de 10/350 μ s.

Existem descarregadores de sobretensões combinados, chamados T1+2, que atendem ao Tipo 1 (classe I) e Tipo 2 (classe II) e também devem atender aos requisitos para ondas de teste 8/20 μ s. O nível de proteção mais usual dos descarregadores Tipo1 é 2500V.

12.7.4.5 Descarregadores de sobretensões Tipo 2

Os descarregadores de sobretensões Tipo 2/classe II são usados em quadros elétricos de distribuição e em quadros elétricos parciais. Os dispositivos de proteção devem ser usados antes de um dispositivo de proteção de corrente residual (RCD), pois de outra forma interpretaria a corrente de sobretensão como uma corrente residual e interromperia o circuito de alimentação. As tensões de sobretensões são simuladas com impulsos de teste, normalmente de 20 kV com a forma de onda de 8/20 μ s. Para proteger equipamentos sensíveis, o nível de proteção deve ser inferior a 1.500 V.

12.7.4.6 Descarregadores de sobretensões Tipo 3

Os descarregadores de sobretensões do Tipo 3/classe III são usados para proteger contra o acoplamento indutivo e contra as sobretensões derivadas das comutações nos circuitos de alimentação do dispositivo. As sobretensões são simuladas com impulsos de teste híbridos de até 20 kV e 10 kA com a forma de onda combinada em tensão 1,2/50 μ s e em corrente 8/20 μ s. Para proteger equipamentos sensíveis, o nível de proteção deve ser inferior a 1.500 V.

O conceito de proteção contra sobretensão deve ter em consideração todas as ligações eletricamente condutivas e deve ser estruturado em cascata. Cada nível da cascata de proteção baseia-se no anterior e reduz a energia da sobretensão.

Para uma proteção eficaz, o nível de proteção dos Dsts deve ser escolhido com base na tensão de isolamento (U_w) do sistema elétrico a proteger de acordo com IEC 60364-5-53 e tendo em consideração as regras de instalação (ver artigo e a queda de tensão nos condutores de ligação dos mesmos).



12.7.4.7 Escolha dos dispositivos de proteção contra sobretensões

A classificação dos dispositivos de proteção contra sobretensões em tipos, significa que eles podem ser relacionados a diferentes requisitos em relação à localização, ao nível de proteção e à capacidade de corrente de descarga. O Quadro XXII fornece uma visão geral das zonas de transição. Mostra também quais os dispositivos de proteção contra sobretensão que devem ser instalados na rede de alimentação e a respetiva função.

Quando se utilizam vários descarregadores de sobretensões em cascata, estes devem ser coordenados (ver ponto 12.7.4.10).

12.7.4.8 Dimensionamento dos descarregadores Tipo 1

Os descarregadores de sobretensões Tipo 1 são sujeitos a correntes de impulso de descarga atmosférica e devem ser dimensionados em função da distribuição da corrente de descarga do edifício.

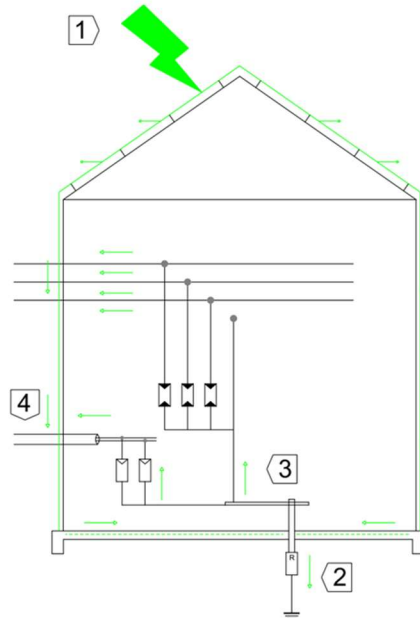
Considera-se que quando uma descarga atmosférica atinge um SPDA, geralmente 50% da corrente elétrica circula na ligação à terra do SPDA e 50% da corrente elétrica circula nos demais elementos ligados à estrutura (tubagens, rede de energia e rede de telecomunicações, etc.).

Estima-se que a rede de telecomunicações consiga escoar apenas 5% da corrente elétrica, levando em consideração a sua impedância. A rede de energia, por sua vez, pode escoar até 50% da corrente elétrica distribuída uniformemente entre os diferentes condutores (fase e neutro). Outros estudos mostram que é o neutro que é atingido (2 a 5 vezes mais do que as fases). O valor de 50% é um valor máximo e, em muitos casos, esse número é quase igual a 30% da descarga inicial.

O cálculo da corrente em cada um dos circuitos de entrada é efetuado calculando a corrente em cada um dos caminhos ligados, a partir de uma distribuição homogênea de 50% da corrente inicial da descarga entre todos os caminhos. Um caminho pode incluir mais de um cabo e é caracterizado pelo fato de estar ligado, de um lado à estrutura estudada e do outro lado a outra estrutura (por exemplo, uma subestação). No mesmo caminho, a corrente que flui é determinada assumindo uma distribuição homogênea entre todos os cabos.

A corrente de impulso mínima a ser considerada para um descarregador de sobretensões de descargas atmosférica (Tipo 1) na rede de alimentação é 12,5 kA 10/350 µs por polo.

Exemplo:



1	Descarga atmosférica	100%	$I_{imp} = \max 200 \text{KA}$ (NP EN 62305)
2	Sistema de terra	+ - 50%	$I = 100 \text{KA}$ (50%)
3	Instalação elétrica	+ - 50%	$I = 100 \text{KA}$ (50%)
4	Cabos de dados	+ - 5%	$I = 5 \text{KA}$ (5%)

Figura 22 - Distribuição típica da corrente elétrica de uma descarga atmosférica

Exemplo de divisão do sistema de terra: 50%-50%

$i = 50 \text{ KA}$; $R = 1 \text{ Ohm}$

$U = i \times R = 50000 \text{ A} \times 1 \text{ Ohm} = 50000 \text{V}$

Onde:

U - Sobretensão

i - Corrente de descargas atmosférica

R - Resistência de terra

A tensão de isolamento dos componentes é excedida e ocorre um arco elétrico descontrolado. Apenas os descarregadores de sobretensões de descargas atmosférica podem impedir com segurança essas tensões perigosas.



12.7.4.9 Nível de proteção (Up) dos descarregadores de sobretensões

Um descarregador de sobretensões é definido, entre outros parâmetros pelo seu nível de proteção.

Um descarregador de sobretensões deve limitar a tensão a um valor inferior à tensão de isolamento do equipamento a proteger.

O nível de proteção de um descarregador de sobretensões é o valor máximo instantâneo da tensão nos seus bornes quando submetido á corrente de descarga nominal. Se a corrente de descarrega real for menor que a corrente de descarga nominal, a tensão aos seus bornes também é menor e consequentemente também o seu nível de proteção (melhor proteção).

QUADRO XXII - Zonas de Transição

Zona de Transição	Dispositivo de proteção e tipo de dispositivo
LPZ 0 B a LPZ 1	Dst para proteção contra sobretensões de descargas atmosférica de acordo com NP EN 62305 para descargas atmosféricas diretas ou nas proximidades Dispositivos: Tipo1/classe I ou Tipo 1 + 2/classe I + II Nível de proteção necessário: 2,5 Kv Instalação, por exemplo no QGBT / na entrada do prédio
LPZ 1 a LPZ 2	Dst para ligação equipotencial de acordo com IEC 60364 em caso de sobretensão. Dispositivos: Tipo 2 (classe II), Nível de proteção necessário: 1,5 kV Instalação, por exemplo nos quadros parciais/ Quadro de piso
LPZ 2 a LPZ 3	Proteção contra sobretensões para proteção contra sobretensões nos equipamentos terminais. Dispositivos: Tipo 3 (classe III) A Resistência de sobretensão necessária: 1,5 kV Instalação, por exemplo diretamente no equipamento terminal

12.7.4.10 Coordenação dos descarregadores de sobretensões

Os protetores contra sobretensões colocados na entrada da instalação, para equipotencialidade com o SPDA, deve ser de alta energia, pois parte da corrente da descarga fluirá nele. No entanto, este na maioria dos casos não é capaz de garantir, ao mesmo tempo, um bom nível de proteção. Neste caso, este protetor contra sobretensões de entrada deve ser combinado com outros protetores contra sobretensões com menor nível de proteção (oferecendo, portanto, melhor proteção) e menor capacidade de fluxo, instalados o mais próximo possível de equipamentos sensíveis. A coordenação desses protetores contra sobretensões deve ser cuidadosamente estudada, pois há o risco de o protetor contra sobretensões com o nível de proteção mais baixo ser destruído antes que o protetor contra sobretensões a montante possa reagir.

- a descarga circula na instalação, o que pode gerar sobretensões induzidas: a proteção CEM não é garantida;



- o segundo protetor contra sobretensões não é, em geral, dimensionado para resistir a descargas de alta amplitude e corre o risco de ser danificado, enquanto o protetor contra sobretensões estiver intacto. Também é provável que o equipamento não esteja protegido e seja destruído por esta sobretensão.

Como a coordenação entre dois protetores contra sobretensões pode ser complexa de estudar, muitas vezes é minimizada ou mesmo ignorada em instalações. Em geral, é recomendável seguir as instruções do fabricante do protetor contra sobretensões no que diz respeito à coordenação. Isso obviamente significa que apenas um fabricante deve ser mantido para os protetores contra sobretensões num circuito protegido.

Normalmente, é usado um elemento de acoplamento que pode ser um comprimento de linha ou um indutor. Alguns protetores contra sobretensões podem ser coordenados com comprimentos muito curtos (1 m ou menos).

Foram desenvolvidos os chamados protetores contra sobretensões de duas portas, que eliminam em grande parte a necessidade de uma cascata.

Por muito tempo a coordenação entre protetores contra sobretensões residiu apenas numa coordenação energética. Desde que o protetor contra sobretensões a jusante do protetor contra sobretensões principal não quebre, a situação foi considerada satisfatória. No entanto, uma vez que a corrente de descarga nominal de um protetor contra sobretensões Tipo 2 é excedida, a tensão pode exceder o nível de proteção garantido. Portanto, não é suficiente que a coordenação energética seja obtida, é necessário também que o nível de coordenação de proteção seja obtido. Ou seja, o nível de tensão no segundo protetor contra sobretensões permanece abaixo do nível de proteção indicado na placa de identificação.

Pode-se até ir mais longe, se a coordenação for boa, pode-se ter no nível do protetor contra sobretensões a jusante uma corrente muito menor que sua corrente de descarga nominal e, portanto, uma tensão menor que o nível de proteção exibido. Essa técnica tende a espalhar-se e deve ser baseada na forma de cálculo proposta pelo fabricante dos dois protetores contra sobretensões. Níveis muito bons de proteção são assim obtidos graças a uma cascata com dois ou até três protetores contra sobretensões, ao passo que seria difícil encontrar níveis de proteção tão baixos no mercado. Com base nesta abordagem, obtém-se probabilidades de proteção PSPD muito melhores do que os valores normalmente propostos pela norma NP EN 62305-2.

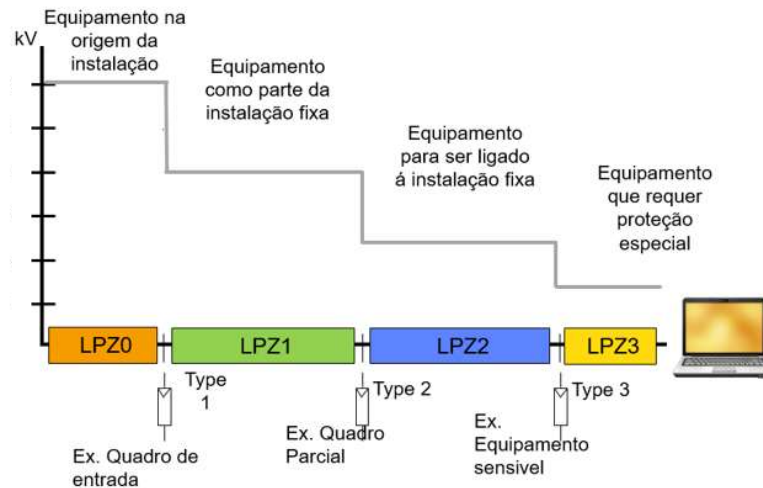


Figura 23 - Exemplo de tipo de cascata de SPD

12.7.4.11 Regras de instalação

O comprimento recomendado dos cabos de ligação para os descarregadores de sobretensões é um aspeto significativo das regras de instalação.

Para garantir a proteção adequada dos sistemas e dispositivos, a sobretensão máxima que pode ocorrer deve ser menor ou igual à tensão de isolamento dos dispositivos a serem protegidos. A soma do nível de proteção dos descarregadores de sobretensões e a queda de tensão nas linhas de alimentação deve permanecer abaixo da tensão de isolamento. Para minimizar a queda de tensão na linha de alimentação, o comprimento e, portanto, a indutância do cabo deve ser mantida o mais baixo possível. As normas recomendam um comprimento total para o cabo de ligação ao descarregador de sobretensões de menos de 0,5 m.

Comprimento máximo da linha de alimentação de acordo com a IEC 60364-5-53: $L1 + L2 \leq 0,5$, sendo:

L1 = Distância entre o barramento F/N e o DST

L2 = Distância entre o DST e o barramento de proteção

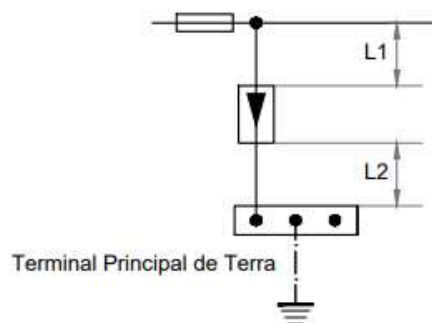


Figura 24 - Regra de 50cm

De acordo com a norma IEC 60364-5-53, para instalar descarregadores de sobretensões do Tipo 1 ou 1 + 2 são necessários cabos com seção transversal de pelo menos 16 mm² de cobre, capazes de conduzir correntes de descargas atmosférica. Os descarregadores de sobretensões do Tipo 2 devem ser instalados com condutores de cobre de seção mínima de 4 mm² ou seção transversal mínima comercial de 6 mm².

Além disso, deve-se ter em consideração as correntes máximas de curto-circuito que ocorrem no local de instalação e o regime de neutro da instalação.

Para que um descarregador de sobretensões Tipo 2 proteja um equipamento deve ser instalado o mais próximo possível deste (comprimento de condutor entre SPD e equipamento <10m). Quando um descarregador de sobretensões é instalado a um comprimento de cablagem maior que 10m, observa-se em geral uma duplicação do seu nível de proteção U_p e em consequência uma degradação (na maioria dos casos: ineficácia) da proteção.

Nota: para mais informações sobre regras de instalação de descarregadores consultar o guia CLC TS 61643-12.

12.7.4.12 Proteção contra falhas do DST

Os descarregadores de sobretensões podem falhar de vários modos.

Certos tipos de descarregadores de sobretensões (MOV) podem falhar por razões térmicas devido ao stresse a que são sujeitos. Esses descarregadores devem ser equipados com dispositivos de proteção interno contra sobrecorrentes e proteção térmica. O dispositivo dará indicação de falha no SPD.



Outro modo de falha do descarregador de sobretensões é a falha por curto-circuito. Para proteger contra falhas por curto-circuito é necessário instalar uma proteção externa, contra curto-circuitos (fusíveis ou disjuntor), no ramal do descarregador ou considerar uma proteção existente na instalação a montante do descarregador. Para que a proteção seja eficaz é necessário que a resistência ao choque da proteção externa, seja a mesma que do descarregador de sobretensões.

O quadro abaixo apresenta o calibre dos fusíveis externos a associar ao descarregador de sobretensões, em função da corrente de descarga do mesmo.

QUADRO XXIII - Calibre dos fusíveis/d Descarregadores de sobretensão

Fusível gG (A)	Tipo de onda 8/20 μ s (Tipo 2)	Tipo de onda 10/350 μ s (Tipo 1)
8	1,2	0,3
10	1,5	0,3
12	2,1	0,5
16	3,1	0,7
20	4,6	1,0
25	6,4	1,4
32	9,9	2,2
40	13,5	2,8
50	15	3,4
63	19	4,2
80	25	5,6
100	33	7,3
125	42	9,6
160	57	13
200	72	16
224	83	19
250	96	22
315	123	28
400	157	35
500	200	45
630	267	60

Nota: no caso dos descarregadores Tipo 2 o quadro é igualmente válido para os disjuntores.

Por vezes o fabricante do descarregador pode indicar outros valores para os fusíveis/disjuntores.



Em muitos casos, o seccionador externo máximo declarado pelo fabricante do SPD ou da tabela acima não pode ser utilizado, sendo necessária uma classificação inferior para se conseguir a seletividade entre o elemento de corte a montante e o seccionador a associar ao SPD. Por exemplo: se a instalação for protegida por um fusível de 25 A, não há benefício em instalar um fusível de 160 A abaixo para proteger o SPD.

O seccionador externo pode também ser útil para manutenção na instalação do descarregador.

Alguns fabricantes têm na sua gama alguns descarregadores que têm o seccionador (fusível ou disjuntor) integrado.

12.7.4.13 Circuito de proteção

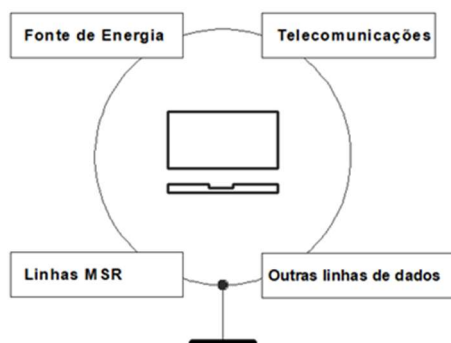


Figura 25 - Circuito de proteção

Somente um circuito de proteção eficaz fornecendo proteção ininterrupta contra sobretensões pode evitar diferenças de potencial perigosas nos dispositivos/sistemas. Ao implementar um conceito de proteção contra sobretensão, é necessário obter informações sobre os dispositivos e componentes do sistema a serem protegidos e, quando possível, agrupá-los em zonas de proteção contra descargas atmosféricas (LPZs).

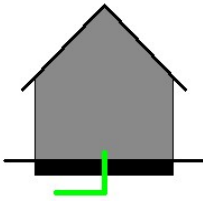
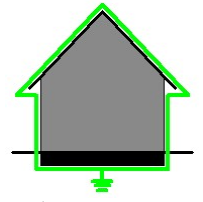
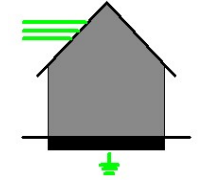
Circuitos que necessitam de ser incorporados no sistema de ligação equipotencial:

- Linhas de alimentação;
- Cabos de rede e dados;
- Cabos de telecomunicações;
- Cabos de antena;
- Cabos de controle;
- Tubos metálicos (por exemplo, tubos de água e drenagem).



Os cabos devem ser incorporados no sistema de ligação de equipotencial local diretamente ou usando descarregadores de sobretensões adequados. O melhor sistema de proteção contra descargas atmosféricas e sobretensões é inútil, a menos que todas as linhas elétricas e metálicas que entram no edifício ou no circuito de proteção estejam incluídos no conceito de proteção.

QUADRO XXIV - Guia rápido para escolha de SPD em diferentes situações

		Localização		
	Tipo de Edifício	Quadro de entrada/Geral	Quadros Parciais - Proteção média (requerido apenas se a distância \geq 10m)	Antes do equipamento o terminal - Proteção fina
	Edifício sem proteção externa contra descargas atmosféricas (Ex. Edifícios privado, Edifícios Multifamiliares, Industria, Comércio)	DST tipo II	DST tipo II	DST tipo III
 Edifício com proteção externa contra descargas atmosféricas	Edifícios com proteção externa contra descargas atmosféricas (Ex. Edifícios residenciais, edifícios de escritórios, edifícios comerciais, industria, etc...)	DST tipo I Ou DST tipo I + II	DST tipo II	DST tipo III
	Edifícios com entrada de alimentação aérea (Ex. Edifícios residenciais, edifícios de escritórios, edifícios comerciais, industria, etc...)	DST tipo I Ou DST tipo I + II	DST tipo II	DST tipo III



12.7.5 Sistemas de proteção contra as sobretensões para tecnologias de informação e dados.

12.7.5.1 Princípios básicos

Nos dias de hoje, os sistemas de comunicação e TI (Tecnologias de Informação), são importantes em todos os domínios. As sobretensões causadas por acoplamentos galvânicos, capacitivos ou indutivos, em cabos de dados, podem destruir equipamentos de TI e tecnologia de comunicação. Para evitar tais falhas, devem ser tomadas medidas de proteção adequadas.

Na prática, a ampla gama de sistemas de telecomunicações e de medição, muitas vezes torna complexa a seleção do dispositivo de proteção contra sobretensão mais adequado, pelo que os seguintes fatores devem ser levados em consideração:

- O sistema de ligação do dispositivo de proteção deve ser adequado ao dispositivo a ser protegido;
- Parâmetros como o nível de sinal mais alto, frequência mais alta, nível de proteção máximo e o ambiente de instalação, devem ser levados em consideração;
- O dispositivo de proteção deve provocar o mínimo de impacto (atenuação e/ou reflexão) na linha de transmissão.

12.7.5.2 Princípio de proteção

Um dispositivo só está protegido contra sobretensões se todos os cabos da rede de energia e da rede de dados ligados ao dispositivo estiverem integrados num sistema equipotencial nas transições da zona de proteção contra descargas atmosféricas (equipotencialização local).

12.7.5.3 Normas em tecnologia de dados e informação

Várias normas desempenham um papel no campo de tecnologia de dados e de comunicações. Desde a cablagem estruturada de cabos em edifícios, passando pela ligação equipotencial, e até pela Compatibilidade Eletromagnética (EMC), várias normas diferentes devem ser levadas em consideração.

Algumas normas importantes estão definidas de acordo com as normas IEC 61643-21-22, EN 61000-4-5; EN 60728-11.



12.7.5.4 Comparação de sistemas de proteção

Tal como os dispositivos de proteção contra sobretensão usados na alimentação, também os dispositivos de proteção de cabos de dados e comunicações são classificados por tipo ou classe.

QUADRO XXV - Comparação de sistemas de proteção

	Proteção de alimentação elétrica	Proteção de cabos de dados e comunicações
Norma de ensaio	IEC 61643-11	IEC 61643-21
Princípios de aplicações	IEC 61643-12	IEC 61643-22
LPZ 0B/1 (10/350 μ s)	Tipo/Classe I	Tipo/Classe D1
LPZ 1/2 (8/20 μ s)	Tipo/Classe II	Tipo/Classe C2
LPZ 2/3 (8/20 μ s)	Tipo/Classe III	Tipo/Classe C2/C1

12.7.5.5 Topologias

Na tecnologia de informação, os dispositivos comunicam eletricamente por meio de cabos que podem ter várias configurações; essas configurações são chamadas de “topologias”. O conceito de proteção contra sobretensões a selecionar deve levar em consideração a topologia do sistema e as suas ligações. Apresentam-se as topologias mais comuns, bem como, a indicação sobre onde posicionar os dispositivos de proteção contra sobretensões em cada caso:

Topologia em BUS

Numa topologia de barramento, todos os utilizadores estão ligados em paralelo. Na sua extremidade, o Bus deve ser terminado com a impedância correspondente. As aplicações típicas são 10Base-T, 100Base-TX, 1000Base-T, (100Base-T é o mais utilizado) e sistemas de telecomunicações, como RDIS e xDSL.

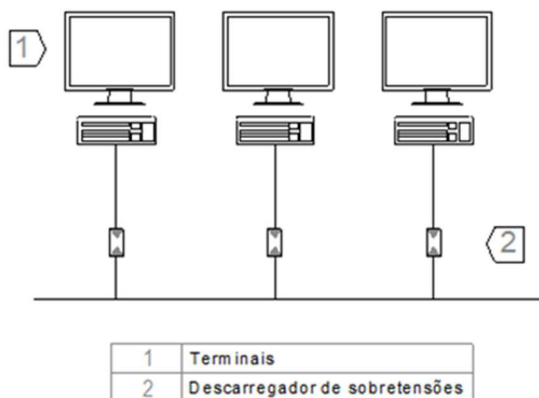


Figura 26 – Topologia em BUS

Topologia em Estrela

Na topologia em estrela, cada estação de trabalho é fornecida por um cabo separado a partir de um ponto central da estrela (HUB ou Switch). As aplicações típicas incluem 10BaseT e 100BaseT.

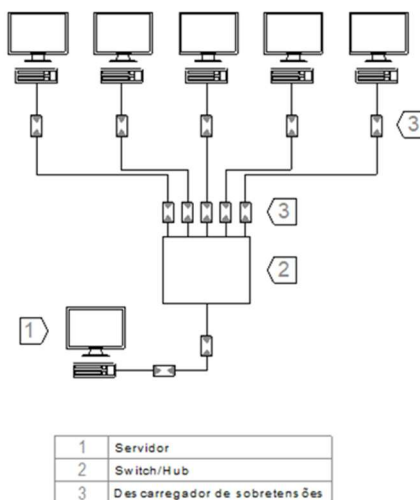


Figura 27 – Topologia em Estrela

Topologia em Anel

Na topologia em anel, cada estação de trabalho é conectada em círculo, significa que cada estação de trabalho tem pelo menos dois dispositivos adjacentes pelos quais os dados podem passar. Nesta topologia o fluxo de dados é unidirecional. Se uma estação falhar, toda a rede falhará.

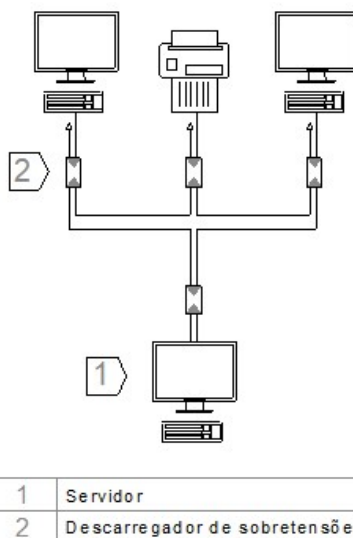


Figura 28 – Topologia em Anel

12.7.5.6 Interferência em sistemas de tecnologia da informação

As correntes de descarga atmosférica e sobretensões podem ser acopladas a cabos de dados de maneiras diferentes. As sobretensões e as correntes da descarga atmosférica podem ser transmitidas diretamente pela descarga ou por meio de cabos nos quais os fatores de interferência já estão acoplados.

Como as sobretensões podem ocorrer mesmo sem descargas atmosféricas, por exemplo, devido a operações de manobra na rede de alimentação, dispositivos terminais e cabos necessitam de ter certa uma determinada tensão de isolamento para permitir que o dispositivo ou cabo permaneça em serviço após um breve impulso de sobretensão. O quadro seguinte mostra os valores típicos da tensão de isolamento para equipamentos/cabos de terminais comuns.

QUADRO XXVI - Valores típicos de tensão de isolamento

Aplicações	Valores típicos de tensão de isolamento	Exemplo de Nível de proteção
Terminais de telecomunicações	1.5 kV	< 600 V
Terminais de medição e controlo	1 kV	< 600 V
Cabo do aparelho telefónico		
• Wire-wire	0.5 kV	< 300 V
• Wire-shield		
Cabo de instalação - sistemas de telecomunicações		
• Entre pares de fios condutores	0.5 kV	< 60 V
• Cabo blindado	2 kV	< 600 V
Cabo de instalação - fio tubular - intercomunicadores		< 800 V
Entre fios condutores		
Fios condutores blindados	1 kV	< 60 V
	1 kV	< 600 V



Cabo CAT7		
• Entre pares de fios condutores	2.5 kV	<120 V
• Cabo blindado	2.5 kV	<700 V
Instalações de cabos de dados		
• Entre pares de fios condutores	0.5 kV	< 60 V
• Cabo blindado	2 kV	< 800 V
Jumper wire - placa de distribuição de telecomunicações	2.5 kV	< 1 kV
Cabo Profibus	1.5 kV	< 800 V
Cabo coaxial 50 Ohm	2 kV - 10 kV	< 800 V
Cabo coaxial de 75 Ohm	2 kV	< 800 V
Cabo de alarme de incêndio		
• Entre pares de fios condutores	0.8 kV	< 60 V
• Cabo blindado	0.8 kV	< 600 V

12.7.5.7 Acoplamento galvânico

Quando uma corrente de descarga atmosférica, por ex. no caso de um impacto, passa diretamente no cabo, isto é conhecido como acoplamento galvânico.

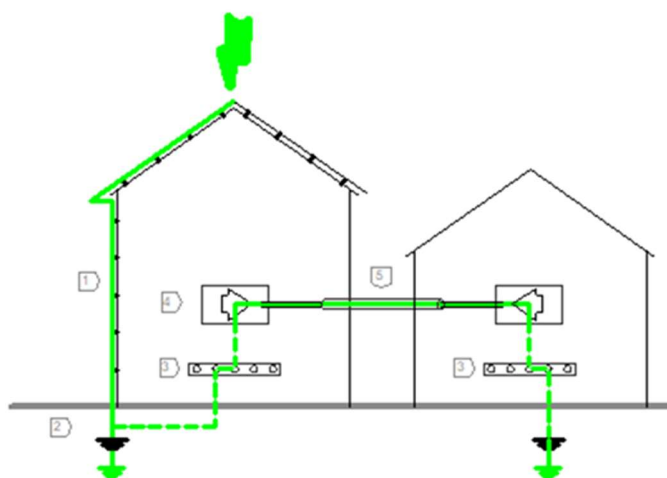
Se uma descarga atmosférica cair e a corrente da descarga fluir para a terra por meio do sistema de proteção externa contra descargas atmosféricas, aproximadamente 50% da corrente do raio entra no edifício através do sistema de ligação equipotencial do edifício e, portanto, acopla-se galvanicamente.

Nem sempre as correntes de descargas atmosféricas acopladas são devidas ao sistema de proteção externa contra descargas atmosféricas. Por princípio, qualquer cabo externo que entre no edifício, pode acoplar correntes de descargas atmosféricas, por exemplo, uma descarga numa subestação ou um cabo exposto ligado ao edifício. A corrente da descarga pode também entrar no edifício por meio do cabo de telecomunicações.

Os dispositivos de proteção contra sobretensões conduzem a corrente elétrica induzida nos cabos de entrada, em direção à terra via sistema de ligação equipotencial.

A corrente elétrica acoplada tem alta energia e alta frequência. Devido à curva com forma de onda 10/350 μ s, esse tipo de acoplamento é de curta duração.

Deve ser assegurado que todos os supostos elementos de proteção nos cabos que entram no edifício, como blindagens, protetores contra roedores, etc., sejam ligados ao sistema de ligação equipotencial de forma a transportar a corrente da descarga para a terra.



1	Sistema externo de proteção contra descargas atmosféricas
2	Sistema de terras
3	Barramento de ligação à terra principal
4	Transmissor
5	Cabo de dados com corrente elétrica

Figura 29 - Acoplamento galvânico

12.7.5.8 Acoplamento indutivo

Um condutor quando atravessado por corrente cria um campo magnético ao seu redor. Se a corrente da descarga for forte, o campo magnético é correspondentemente maior e pode-se acoplar em condutores ou anéis de condutores localizados nas proximidades. As descargas atmosféricas remotas também emitem ondas eletromagnéticas que podem-se acoplar em anéis de condutores.

Isto induz uma sobretensão que pode danificar equipamentos ligados aos condutores. Nos condutores de dados, isto resulta, normalmente na destruição dos componentes eletrónicos ligados aos condutores.

Se o cabo de comunicação estiver localizado dentro do campo magnético de um condutor elétrico, uma tensão de interferência pode ser induzida. A magnitude da tensão de interferência induzida no cabo de comunicação depende do condutor do campo magnético e da estrutura do cabo de comunicação. Uma blindagem no cabo de comunicação pode reduzir consideravelmente a magnitude da interferência induzida.

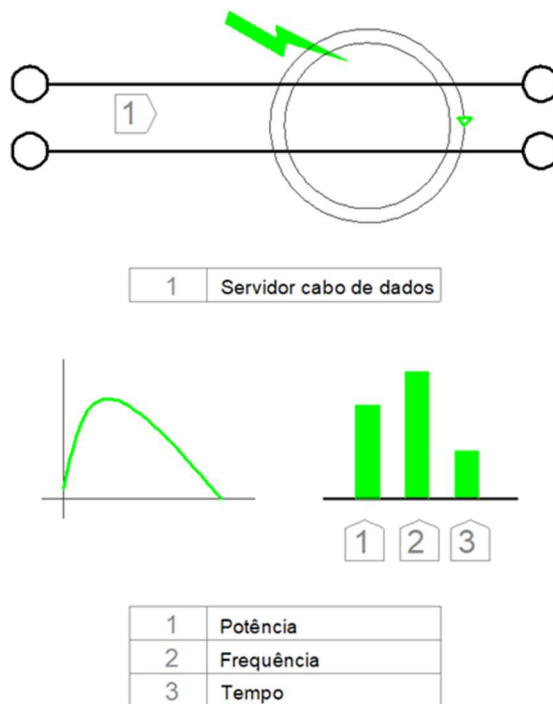


Figura 30 - Acoplamento indutivo resultado de um impacto de descarga atmosférica

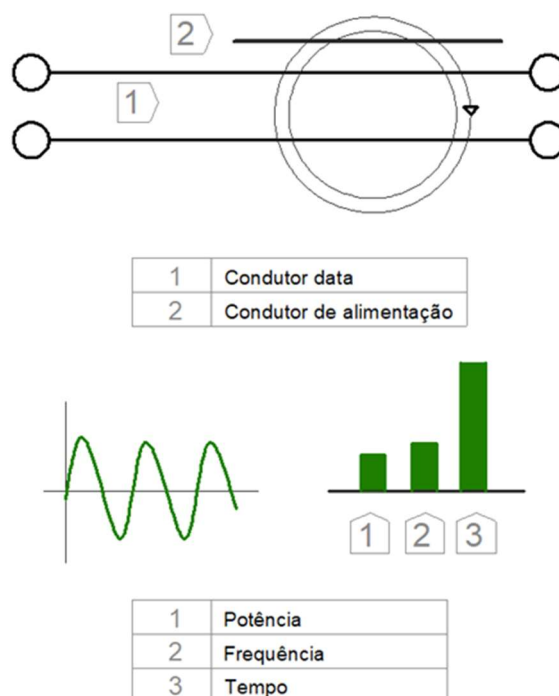


Figura 31 - Acoplamento capacitivo por cabos paralelos

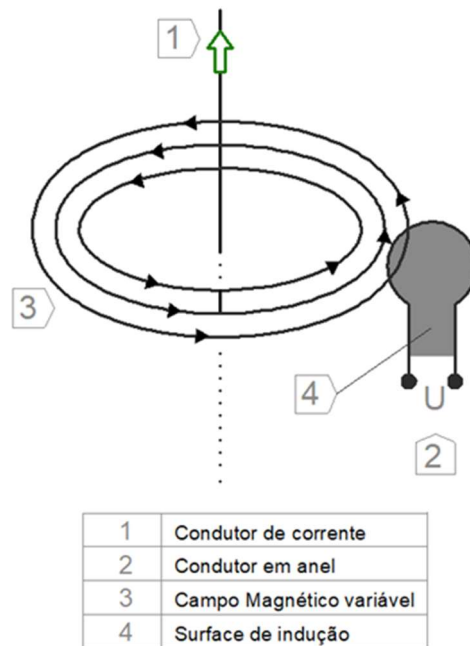
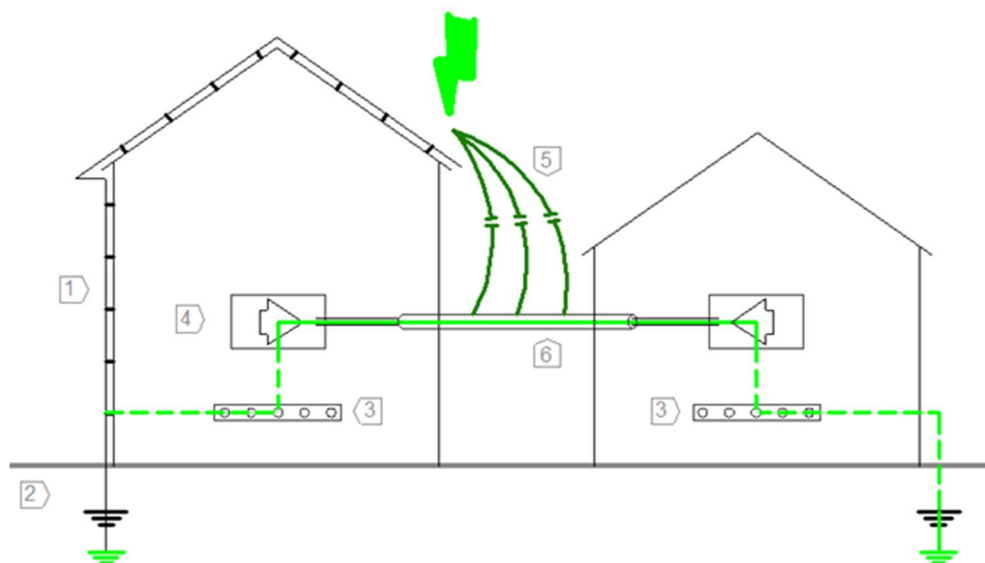


Figura 32 - Indução num condutor em anel

12.7.5.9 Acoplamento capacitivo

O acoplamento capacitivo ocorre onde há uma tensão entre dois pontos com uma grande diferença de potencial.

A carga é transferida através do meio entre os dois pontos na tentativa de equilibrar os potenciais, isso cria uma sobretensão.



1	Sistema externo de proteção contra descargas atmosféricas
2	Sistema de terras
3	Barramento de ligação à terra principal
4	Transmissor
5	Acoplamento capacitivo
6	Condutor de dados

Figura 33 - Acoplamento capacitivo devido a impacto direto

12.7.5.10 Construção e blindagem duma área

As infraestruturas críticas, como centros de dados, centrais elétricas, fábricas de produtos químicos e sistemas de abastecimento de eletricidade e água, podem ser protegidas dos efeitos das ondas eletromagnéticas através da criação de áreas blindadas.

Isso é obtido cobrindo todas as paredes, o teto e o piso com materiais condutores (por exemplo, chapas de aço ou folhas de cobre). As portas e janelas devem ser ligadas à blindagem da parede por meio de contatos de mola. Todos os buçins também devem ser blindados.

Devido às capacitâncias parasitas C_p , a corrente I_S flui através do transmissor para a terra. A tensão de interferência resultante, sobrepõe-se à tensão de entrada e interrompe a transmissão do sinal. As capacidades parasitárias ocorrem, por exemplo, na faixa de HF (Frequências altas).

Para manter as perdas ao mínimo, é importante verificar as características de transmissão dos cabos.



As características de transmissão podem ser determinadas usando dispositivos de medição adequados. O importante é que o dispositivo de medição, os cabos de ligação e o dispositivo de proteção contra sobretensões tenham a mesma impedância, para evitar a reflexão e atenuação excessivas nas juntas. A calibração dos equipamentos de medida também é necessária para que os resultados da medição não sejam distorcidos.

As principais perdas de transmissão podem ser: perda de inserção, perda de retorno, frequência de corte, VSWR (Relação da Onda Estacionária de Tensão), largura de banda, transferência de dados simétricos e assimétricos.

12.7.5.11 Blindagem de condutores

Os condutores são blindados com blindagem metálica ou tranças ou uma combinação das duas. As blindagens de folha são particularmente eficazes em altas frequências, enquanto as blindagens com tranças são mais adequadas para baixas frequências.

Os condutores existentes também podem ser blindados usando caminhos de cabo ligados à terra ou sistema de tubos metálicos.

A blindagem dos condutores deve ser ligada à terra nas duas extremidades.

Se, por razões técnicas, por exemplo, para evitar anéis de ligação à terra de 50Hz, uma ligação direta da blindagem do cabo em ambas as extremidades não é possível, uma extremidade deve ser aterrada diretamente e a outra indiretamente. Ao criar uma conexão de ligação à terra direta por meio de um protetor de descarga de gás, em operação normal, a blindagem do cabo é isolada numa extremidade. Se ocorrer um grande acoplamento, os potenciais podem ser equipotencializados através do protetor de descarga de gás.

12.7.5.12 Proteção de equipamentos de telecomunicações

Quando escolhermos um protetor de sobretensões para proteger um sistema ou um equipamento de telecomunicações devemos verificar as seguintes características:

Tipo de sistema de telecomunicações, nomeadamente:

- Polaridade;
- Número de conexões de fio necessárias;
- Tensão contínua máxima permitida do dispositivo de proteção contra sobretensões;
- Corrente de carga máxima permitida do dispositivo de proteção contra sobretensões;
- Faixa de frequência suportada;



- Local de instalação e opções de montagem (conector adaptador, etc.);
- Classe de proteção necessária (proteção básica, proteção fina, proteção de combinada).

Um dispositivo de proteção contra sobretensão inadequado pode prejudicar a própria aplicação, por exemplo, causando uma atenuação excessiva do circuito de sinal. Por outro lado, se a tensão ou a corrente de carga do sistema exceder as características do dispositivo de proteção contra sobretensões, o dispositivo de proteção pode ser destruído devido a sobrecarga. Assim, devemos verificar qual a tensão e corrente máxima suportada pelo dispositivo de proteção e a tensão de escorvamento que vai passar para o equipamento a proteger.

12.7.5.13 Instalação de dispositivos de proteção de cabos de dados

Se os cabos forem muito longos, ocorrerá uma queda de tensão devido à alta indutância, o que terá um impacto negativo no nível de proteção do dispositivo de proteção contra sobretensões. O nível de proteção de tensão pode aumentar tão dramaticamente que a tensão de isolamento do dispositivo terminal é excedida e o dispositivo é danificado, apesar da presença de proteção contra surtos.

12.7.5.14 Outros meios de proteção contra sobretensões de sistemas de telecomunicações

Ligação equipotencial de cabos de dados

Ao contrário da tecnologia de energia, na tecnologia de dados ocorrem tensões longitudinais e transversais que devem ser minimizadas usando para-raios adequados com componentes limitadores de tensão. Para atingir níveis de proteção de baixa tensão, esses dispositivos de proteção devem ser incorporados o mais diretamente possível ao sistema de compensação equipotencial. Devem ser evitados grandes comprimentos de cabo. A melhor solução é a ligação equipotencial local. A ação completa da blindagem contra acoplamento capacitivo e indutivo só pode ser eficaz quando a blindagem é incluída com baixa impedância em ambos os lados da ligação equipotencial.

12.7.5.15 Proteção contra sobretensões para áreas potencialmente explosivas

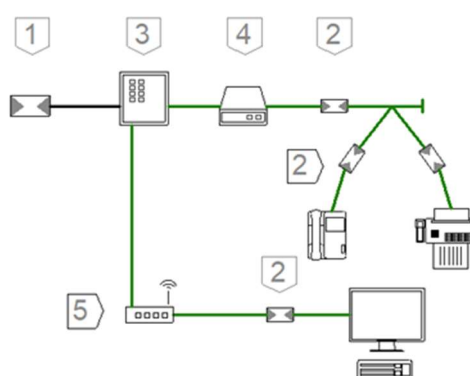
A proteção contra sobretensões é um tópico importante em áreas potencialmente explosivas. É importante aqui proteger a tecnologia de medição contra a influência de sobretensões por meio de descargas atmosféricas. A tecnologia de medição sensível, cujos

cabos são frequentemente instalados ao ar livre, estão particularmente expostos a sobretensões e quedas de descargas atmosférica.

12.7.5.16 Telecomunicações

Hoje, as telecomunicações são usadas em todos os tipos de aplicações diferentes. Muitas pessoas associam o termo “telecomunicações” apenas ao telefone tradicional, mas o espectro é muito mais amplo. Por telecomunicação entende-se a transmissão de dados (internet), transmissão de vídeo (televisão por cabo) e outros serviços de dados e vídeo, a uma distância substancial, de qualquer tipo de informação através de infraestruturas técnicas. Isso inclui tudo, desde transmissões em alta velocidade por fibra ótica até o envio de um simples fax.

O diagrama de circuito a seguir mostra como é possível proteger uma ligação ISDN/RDIS/analógica + DSL típica.



1	Dispositivo de proteção
2	Dispositivo de proteção
3	NTAB
4	Splitter
5	Router/HGW

Figura 34 – Diagrama de circuito

Como se pode verificar na figura anterior para se proteger os equipamentos de sobretensões, deve colocar-se o dispositivo de proteção o mais próximo possível do equipamento a proteger.

Estes dispositivos de proteção podem ser do Tipo 2 ou 3 ou combinado 2 e 3, considerando que à entrada do edifício já existe uma proteção do Tipo 1.



12.7.5.17 Dispositivos coaxiais de proteção contra sobretensão com protetor de descarga de gás

O primeiro tipo são os dispositivos coaxiais de proteção contra sobretensão com um tubo de descarga de gás. Eles permitem a transmissão de uma frequência de 0 Hz (DC). Eles podem ser usados numa ampla gama de aplicações. O tubo de descarga de gás também pode ser substituído em caso de defeito. Devido à capacidade do tubo de descarga de gás, eles são limitados em sua largura de banda: a frequência de corte está atualmente em torno de 3 GHz. Em redes Wi-Fi, de acordo com a norma IEEE 802.11, com uma frequência de trabalho entre 2.4 GHz e 5,9 GHz, não podem ser instalados descarregadores de sobretensão com ampolas de gás, na linha de transmissão, dado que atenuam o sinal nesta faixa de frequência.

12.7.5.18 Protetores com tecnologia Lambda/4

A segunda variante é o descarregador de sobretensões com tecnologia Lambda/4. Esses supressores são filtros passa-banda que passam apenas as frequências dentro de uma faixa específica. Para sinais fora da faixa de frequência suportada, este tipo de para-raios é um curto-circuito galvânico. As vantagens dessa tecnologia são o suporte para frequências de até cerca de 6 GHz e seu nível de proteção muito baixo, de aproximadamente 30 V. Eles também não exigem praticamente nenhuma manutenção porque não usam um protetor de descarga de gás.

A desvantagem desses dispositivos é não ser possível transmitir a tensão de alimentação DC ao longo da linha de sinal, e sua aplicação é geralmente limitada a apenas uma aplicação, dependendo se as frequências necessárias estão dentro da faixa de frequência suportada.

12.7.5.19 Sistemas de satélite de acordo com IEC/EN 60728-11

Os sistemas de satélite e antenas estão frequentemente em locais expostos em telhados, próximos de para-raios. Por esta razão, os para-raios devem ser usados para proteger esses sistemas contra impactos diretos de descargas atmosféricas, para evitar que eles próprios sirvam como sistemas de captura de descargas atmosféricas. Idealmente, a antena de satélite deve estar localizada dentro do ângulo de proteção do para-raios. Nesse caso, o risco de uma descarga atmosférica direto nos cabos do SAT é quase zero se a distância de separação for respeitada.



Com a coordenação adequada dos componentes de proteção contra descargas atmosféricas e sobretensões, as correntes e picos de descargas atmosféricas podem ser controlados com segurança.

Se não houver proteção externa contra descargas atmosféricas no edifício, o sistema de satélite exposto corre o risco de atrair uma descarga atmosférica direta, como um para-raios.

Se a distância de separação, entre o SPDA e a antena, não for respeitada dar-se-á um arco entre o SPDA e a antena, e uma parte da corrente da DA passará através da antena.

Em ambos os casos, protetores de sobretensões de classe D1 são necessários além da proteção contra sobretensão. Além da ligação à terra normal da antena de 4 mm², o sistema de antena deve ser ligado adicionalmente ao barramento de terra principal por meio de um condutor de aterramento de cobre de no mínimo 16 mm².

Se não for possível uma análise de risco de acordo com IEC/EN 62305-2, então as tensões atmosféricas estáticas (por exemplo, relâmpagos) podem causar arco do condutor de terra de 16 mm² para a instalação elétrica ou sistema de antena do edifício. Por este motivo, recomendamos tornar o condutor de terra isolado e resistente a altas tensões e descargas flutuantes através de medidas adequadas.

12.7.5.20 Algumas explicações úteis

Tecnologia de dados

A tecnologia de dados é usada numa ampla gama de aplicações, estende-se desde a simples instalação de uma impressora conectada a um PC até redes complexas com vários milhares de clientes. Em todos os casos, é necessário um planeamento cuidadoso das medidas de proteção contra sobretensão, levando em consideração as interfaces de dados disponíveis.

Ethernet

Ethernet é a tecnologia normal para sistemas de computador em rede nos dias de hoje. As taxas de transmissão de dados especificadas, atualmente variam de 10 Mbit/s até 10 Gbit/s, e os dados podem ser transmitidos por cabos de cobre clássicos e cabos de fibra ótica.



Interfaces

Dispositivos externos, como impressoras, scanners e sistemas de controle ativados por meio de interfaces em série ou paralelas, devem ser integrados adicionalmente ao conceito de proteção contra sobretensão.

Há uma variedade de interfaces para diferentes aplicações: desde linhas em BUS para telecomunicações e transferência de dados até dispositivos terminais simples, como impressoras ou scanners.

Interface RS232

O RS232 é uma interface frequentemente usada. É usada, por exemplo, para modems e outros periféricos. Embora agora amplamente substituído pela interface USB, o RS232 ainda é frequentemente usado para linhas de controle.

Interface RS422

O RS422 é uma interface série de alta velocidade adequada para comunicação entre no máximo dez utilizadores, que é projetado como um barramento. O sistema pode ser projetado para um máximo de oito linhas de dados, embora duas sejam sempre usadas como linhas de envio e recebimento.

Interface RS485

A interface de barramento industrial RS485 difere um pouco da RS422 porque o RS485 permite a ligação de vários transmissores e recetores (até 32 usuários) por meio de um protocolo. O comprimento máximo deste sistema de barramento, quando cabos de par trançado são usados, é de aproximadamente 1,2 km com uma taxa de dados de 1 Mbit/s (dependente de controladores seriais).

Cabeamento primário

O cabeamento primário é utilizado para conectar complexos de edifícios (horizontal). O ponto de ligação é o distribuidor predial (BD). O cabeamento primário pode ser caracterizado por longos comprimentos de cabo devido à localização de diferentes edifícios. A velocidade da ligação também desempenha um papel importante. Para que taxas de transmissão rápidas sejam alcançadas, a tecnologia de fibra ótica é frequentemente usada como meio de transmissão no cabeamento primário, isso oferece taxas de dados mais altas do que cabos



de cobre convencionais e também é menos suscetível à interferência de impulsos eletromagnéticos.

Cabeamento secundário

O cabeamento secundário conecta os andares individuais do edifício entre si (vertical). Os distribuidores de piso estão diretamente ligados à rede distribuidora predial e, ao mesmo tempo, oferecem oportunidades de ligação para os diversos terminais/tomadas de ligação. Aqui, também, a tecnologia de fibra ótica é usada como meio de transferência.

Cabeamento terciário

No cabeamento terciário, os cabos de fibra ótica podem ser usados como meio de transmissão como uma alternativa ao cabeamento de rede de cobre. O cabeamento terciário é o cabeamento que conecta dispositivos terminais/tomadas de ligação com distribuidores de piso dentro de um andar do edifício (horizontal). Estamos perante a utilização de vários meios de transmissão. Na fibra até a mesa, o distribuidor de piso e o dispositivo terminal são ligados por um cabo de fibra ótica. No entanto, a opção mais difundida é a ligação clássica via cabo de par trançado.

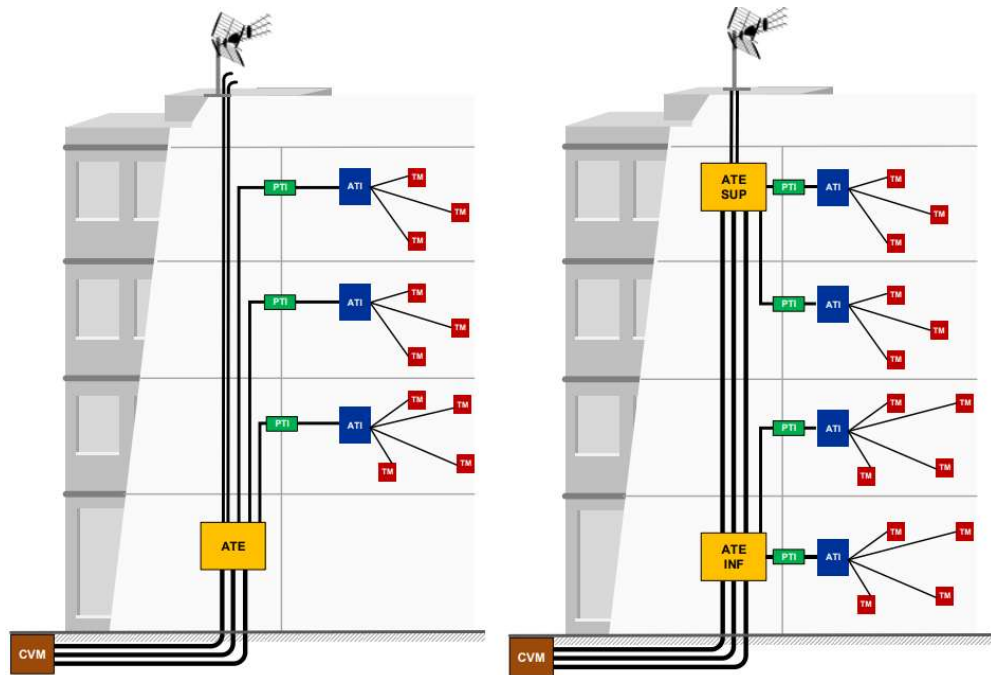
12.7.5.21 Configuração da rede estruturada ITED

Apresentam-se abaixo algumas imagens da rede ITED, para ilustrar os pontos onde se devem instalar as proteções contra as descargas atmosféricas num edifício.

Como se pode verificar pelos exemplos apresentados a proteção do Tipo 1 deve ser instalada no ATE e as do Tipo 2 ou 3, ou combinada 2 e 3, devem ser instaladas o mais próximo possível do equipamento a proteger, para evitar que as induções se verifiquem a jusante da proteção e não faça a proteção total desejada.

Se for uma instalação com ATE superior e ATE inferior a proteção do Tipo 1 deve ser instalada nos dois ATEs e as do Tipo 2 ou 3, ou combinada 2 e 3, devem ser instaladas o mais próximo possível do equipamento a proteger, para evitar que as induções se verifiquem a jusante da proteção e não faça a proteção total desejada.

Na situação de uma moradia unifamiliar a proteção do Tipo 1 deve ser instalada no ATI e as do Tipo 2 ou 3, ou combinada 2 e 3, devem ser instaladas o mais próximo possível do equipamento a proteger, para evitar que as induções se verifiquem a jusante da proteção e não faça a proteção total desejada.



Fonte: Manual ITED da ANACOM

PTI: estabelece a fronteira entre a rede coletiva e a rede individual de tubagem

CVM: Câmara de Visita Multioperador

ATE: Armário de Telecomunicações de Edifício

Figura 35 – Exemplo dois edifícios com CVM, instalação de tubagem em duas configurações distintas, com e sem ATE superior



Autoria:

Liliana Ferreira - ANEPC

Filipe Mariquito - ANEPC

Francelino Silva - ANEPC

Ana Antunes - ANEPC

Rogério Dias - Direção Geral de Energia e Geologia

Lacerda Moreira - Centro Português de Iluminação

Jorge Martins - Instituto Electrotécnico Português

Daniel Ribeiro - AGEFE

Luís Pinto - AGEFE

Jorge de Castro - CTE 37

Nuno Mendes - CTE 37

Fernanda Cruz - CTE 81

Nuno Silva - CTE 81

João Bacalhau CTE 37 e 81

Revisão:

Direção de Serviços de Segurança Contra Incêndio em Edifícios

Divisão de Regulamentação, Normalização e Credenciação

Data de publicação: outubro de 2022

Disponível: em formato PDF no sitio web da ANEPC (www.prociv.pt)

AUTORIDADE NACIONAL DE EMERGÊNCIA E PROTEÇÃO CIVIL

Av. do Forte - 2794-112 Carnaxide | scie@prociv.pt | www.prociv.pt