

ANÁLISE DO RISCO DE DESCARGAS ATMOSFÉRICAS

Guia de Avaliação do Risco Método Simplificado

Versão de 2023-05-15
(corrigidos lapsos existentes na versão de 2023-04-21)

Guia elaborado por:

- CTE 81 – Proteção Contra Descargas Atmosféricas
- IEP

1. Resumo

Este documento é aplicável à avaliação simplificada do risco de impactos diretos causados por descargas atmosféricas numa estrutura. No cálculo, também são considerados os impactos diretos nas linhas conectadas à estrutura.

Este documento deve ser lido em conjunto com a norma NP EN 62305-2, de dezembro de 2012, referente ao método completo de análise de risco de impactos diretos causados por descargas atmosféricas.

2. GENERALIDADES

2.1 OBJETIVO

Este documento é aplicável à avaliação simplificada do risco de impacto de descargas atmosféricas na estrutura. No cálculo, os impactos diretos nas linhas ligadas à estrutura também são considerados.

NOTA – Este documento não constitui uma avaliação do risco em instalações elétricas, que é tratado pelas normas Regras Técnicas de Instalações Elétricas e IEC 60364.

Pretende-se propor um procedimento de avaliação desse risco. Uma vez definido o risco, se este for superior ao limite de risco tolerável, podemos definir as medidas de proteção apropriadas para reduzir o risco para um valor menor ou igual ao valor limite tolerável.

Este documento é baseado na norma NP EN 62305-2 edição 2.

Diz-se que o método é simplificado no sentido em que inclui apenas um número limitado de parâmetros quando comparado com o chamado método completo da norma NP EN 62305-2.

O presente método aplica-se apenas a estruturas:

- nas quais o risco de incêndio é baixo ou normal;
- nas quais o risco de incêndio é alto, mas o risco de pânico é baixo;
- que não contenham produtos ou atmosfera explosiva;
- que não representem perigo para o meio ambiente.

NOTA – Os conceitos de risco de incêndio e risco de pânico estão definidos no Anexo C deste documento.

2.2 Referências normativas

Os seguintes documentos citados no texto constituem, no todo ou em parte do seu conteúdo, requisitos deste documento. Nas referências datadas, aplica-se apenas a edição citada. Nas referências não datadas, aplica-se a última edição do documento referenciado (incluindo possíveis alterações).

- Regras técnicas de instalações elétricas de baixa tensão
- NP 4426, Proteção contra descargas atmosféricas - Sistemas de proteção contra descargas atmosféricas baseados em dispositivos ionizantes não radioativos.
- NP EN 60079-10-1, Atmosferas explosivas - Parte 10-1: Classificação de locais - Atmosferas de gás explosivo (índice de classificação: C 23-579-10-1)
- NP EN 60079-10-2, Atmosferas explosivas - Parte 10-2: Classificação de locais - Atmosferas com poeiras explosivas (índice de classificação: C 23-579-10-2)

- NP EN 61643-11, Descarregadores de sobretensão para baixa tensão - Parte 11: descarregadores de sobretensão ligados a sistemas de baixa tensão - Requisitos e métodos de teste (índice de classificação: C 61-743-11)
- NP EN 61643-21, Descarregadores de sobretensão para baixa tensão - Parte 21 descarregadores de sobretensão ligados a redes de dados e de telecomunicações - Requisitos operacionais e métodos de teste (índice de classificação: C 61-744-21)
- NP EN 62305 (série), Proteção contra descargas atmosféricas
- NP EN 62305-2:2012, Proteção contra descargas atmosféricas - Parte 2: avaliação de risco
- NP EN 62305-4:2012, Proteção contra descargas atmosféricas - Parte 4: Sistemas elétricos e eletrónicos em estruturas
- Regras técnicas de instalações elétricas de baixa tensão - Guia prático - Proteção de instalações elétricas de baixa tensão contra sobretensões de origem atmosférica ou causadas por manobras de rede - Seleção e instalação de descarregadores de sobretensão;
- CLC/TS 61643-22, Descarregadores de sobretensão ligados a redes de sinalização e de telecomunicações – Princípios de seleção e aplicação

2.3 Definições

2.3.1 Estrutura a ser protegida

Estrutura para a qual a proteção contra descargas atmosféricas é estudada de acordo com o presente documento

2.3.2 Estruturas com risco de explosão

Estruturas contendo áreas perigosas conforme determinado na NP EN 60079-10-1 e NP EN 60079-10-2

2.3.3 Estruturas ambientalmente perigosas

Estruturas que podem ser a fonte de emissões biológicas, químicas e radioativas como resultado de uma descarga atmosférica; por exemplo, instalações químicas, petroquímicas, nucleares, etc.

2.3.4 Rede elétrica

Rede composta por componentes de energia de baixa tensão e possivelmente componentes eletrónicos

2.3.5 Rede eletrónica

Sistema composto por componentes eletrónicos sensíveis, como equipamentos de comunicação, computadores, sistemas de controlo e medição, sistemas de rádio e instalações eletroeletrónicas

2.3.6 Rede de comunicações

Meio de transmissão destinado à comunicação entre equipamentos que podem estar localizados em estruturas separadas, como linhas telefónicas e linhas de transmissão de dados.

2.3.7 Número de eventos perigosos devidos a descargas atmosféricas numa estrutura (ND)

Número médio anual previsto de descargas atmosféricas numa estrutura

2.3.8 Número de eventos perigosos devidos a descargas atmosféricas num serviço (NI)

Número médio anual previsto de descargas atmosféricas num serviço ligado à estrutura

2.3.9 Dano físico

Danos na estrutura ou no seu conteúdo devido a danos mecânicos, térmicos, químicos e explosivos causados pela descarga atmosférica.

2.3.10 Probabilidade de dano (P)

Probabilidade de uma descarga atmosférica causar danos numa estrutura.

2.3.11 Perda (L)

Valor médio da perda (pessoas e bens) resultante de um tipo específico de dano causado por um evento perigoso, em relação ao valor (pessoas e bens) da estrutura a ser protegida.

2.3.12 Risco (R)

Valor da provável perda média anual (pessoas e bens) devido a descargas atmosféricas, em comparação com o valor total (pessoas e propriedades) da estrutura a ser protegida

2.3.13 Componente de risco (RD ou RI)

Risco parcial que depende da fonte e do tipo de dano

2.3.14 Risco tolerável (TR)

Valor máximo de risco que pode ser tolerado pela estrutura a ser protegida

2.3.15 Nível de proteção (NP)

O nível de proteção é determinado por inúmeros parâmetros, incluindo a densidade de descargas atmosféricas da zona em questão, tipo de estrutura e suas dimensões, perigo de impacto, perigo de incêndio, entre outros.

Nota 1: O nível de proteção é classificado com valores entre I e IV.

2.3.16 Medidas de proteção

*Medidas a instalar na estrutura a proteger para reduzir o risco de danos provenientes da ocorrência de descargas atmosféricas.

2.3.17 Sistema de proteção contra descargas atmosféricas (SPDA)

Instalação completa utilizada para reduzir danos físicos causados pelas descargas atmosféricas numa estrutura. Inclui tanto instalações externas quanto internas de proteção contra descargas atmosféricas.

2.3.18 Descarregadores de sobretensão

Dispositivos projetados para limitar sobretensões transitórias e conduzir correntes de sobretensão. Incluem pelo menos um componente não linear.

2.3.19 Serviços

Serviços são redes elétricas, redes eletrónicas e redes de comunicação

2.4 Explicação dos termos

PORTO: Rua de S. Gens, 3717, 4460-817 Custóias | (+351) 229 570 000 (chamada p/ rede fixa nacional)

LISBOA: Estrada Paço do Lumiar, Campus do Lumiar, Ed. D R/C, Sala 1080 - 1649-038 Lisboa | (+351) 214 717 250 (chamada p/ rede fixa nacional)

2.4.1 Danos e perdas

A corrente da descarga atmosférica é a fonte do dano. Considera-se:

- impactos numa estrutura,
- impactos num serviço ligado à estrutura.

2.4.2 Riscos e componentes de risco

Risco

O risco **R** é o valor de uma perda média anual provável. Deve ser avaliado o risco correspondente a cada tipo de perda, que possa ocorrer numa estrutura.

- R1: Risco de perda ou lesão permanente da vida humana;
- R2: Risco de perda de serviços públicos;
- R3: Risco de perda de património cultural

Cada risco **R** é a soma dos componentes de risco RD e RI.

Componentes de riscos para uma estrutura devido a impactos na estrutura

RD: componente relacionado com dano físico de faíscas perigosas na estrutura resultando em incêndio ou destruição total ou parcial da estrutura.

Componentes de riscos para uma estrutura devido a impactos num serviço ligado à estrutura

RI: componente relacionado com dano físico (incêndio ou destruição total ou parcial por faíscas perigosas entre uma instalação externa e peças metálicas geralmente localizadas no ponto de penetração da linha na estrutura) devido à corrente da descarga atmosférica transmitida pelos serviços ligados à estrutura.

2.4.3 Composição dos componentes de risco relacionados com a estrutura

- **R1:** Risco de perda ou lesão permanente da vida humana;

$$R1 = RD1 + RI1 \quad (1)$$

- **R2:** Risco de perda de serviços públicos;

$$R2 = RD2 + RI2 \quad (2)$$

- **R3:** Risco de perda de património cultural;

$$R3 = RD3 + RI3 \quad (3)$$

3. AVALIAÇÃO DE RISCO

3.1 Generalidades

Deve ser aplicado o seguinte procedimento:

- identificação da estrutura a ser protegida e suas características, incluindo os meios de proteção existentes;
- identificação de todos os riscos a considerar para esta estrutura (R1 a R3);
- avaliação dos riscos (R1 a R3) considerados;
- avaliação da necessidade de proteção comparando os riscos selecionados (R1 a R3) com o risco tolerável **RT**.

3.2 RT de risco tolerável

RT vale 10^{-5} para o risco **R1**

RT é 10^{-3} para o risco **R2**

RT é 10^{-4} para o risco **R3**

3.3 Procedimento para avaliar a necessidade de proteção

Para cada um dos riscos a serem considerados, devem ser seguidos os seguintes passos:

- cálculo dos componentes de risco identificados RD e RI;
- cálculo do risco total R;
- identificação do risco tolerável RT;
- comparação do risco com o valor tolerável RT.

Se $R \leq RT$, não é necessária proteção contra descargas atmosféricas (caso já exista num sistema de proteção na estrutura, não é necessária proteção adicional).

Se $R > RT$ devem ser tomadas medidas de proteção (para-raios e/ou descarregadores de sobretensão na entrada da instalação) para reduzir $R \leq RT$ para todos os riscos a que a estrutura está sujeita.

Caso o risco R não possa ser reduzido pelo método simplificado abaixo do risco RT tolerável, é necessário aplicar o método completo descrito na norma NP EN 62305-2;

No Anexo D estão disponíveis exemplos de aplicação.

3.4 Medidas de proteção

As medidas de proteção só devem ser consideradas fiáveis se cumprirem os requisitos das normas aplicáveis:

- série de normas NP EN 62305 e NP 4426 para proteção e redução de danos físicos em estruturas;
- NP EN 61643-11 e NP EN 61643-21 para proteção com vista a reduzir falhas de redes internas;

- Regras técnicas de instalações elétricas de baixa tensão, NP EN 62305-4 e CLC/TS 61643-22 para instalação de descarregadores de sobretensões.

4. AVALIAÇÃO DOS COMPONENTES DE RISCO PARA ESTRUTURAS

4.1 Equação básica

Cada componente do risco RD, RI pode ser expresso pela seguinte fórmula geral:

$$R_D = N_D P_D L_D \quad (4)$$

$$R_I = N_I P_I L_I \quad (5)$$

na qual:

- N_D ou N_I é o número de eventos perigosos (ver Anexo A),
- P_D ou P_I é a probabilidade de dano após um evento perigoso (ver Anexo B),
- L_D ou L_I é a perda resultante de danos (ver Anexo C).

NOTA 1 – O número N_D ou N_I de eventos perigosos é dependente: da densidade da descarga atmosférica (N_g) e das características físicas do objeto a ser protegido, do ambiente envolvente e do solo.

NOTA 2 – A probabilidade de dano P_D ou P_I é dependente: das características do objeto a ser protegido e das medidas de proteção fornecidas.

NOTA 3 – Perda consecutiva L_D ou L_I é afetada por: pelo tipo de utilização da estrutura, a presença de pessoas, o tipo de serviço prestado ao público, o valor dos bens no seu interior e as medidas tomadas para limitar a quantidade de perdas.

NOTA 4 – $L_D = L_I$ é igual a $h_z r_f L_f$ para risco 1, $L_D = L_I$ é igual a $r_f L_f$ para risco 2 e $L_D = L_I$ é igual a $r_f L_f$ para o risco 3 onde r_f e h_z são definidos no Anexo C, respetivamente, nas Tabelas C1 e C2.

4.2 Resumo dos componentes de risco numa estrutura

Os componentes de risco em estruturas estão resumidos na Tabela 1.

Tabela 1 – Componentes de risco numa estrutura

Fonte de dano	Impacto numa estrutura	Impacto num serviço de entrada	Risco resultante
Componentes de risco para R1	$R_{D1} = N_D P_D h_z r_f L_f$	$R_{I1} = N_I P_I h_z r_f L_f$	$R1 = R_{D1} + R_{I1}$
Componentes de risco para R2	$R_{D2} = N_D P_D r_f L_f$	$R_{I2} = N_I P_I r_f L_f$	$R2 = R_{D2} + R_{I2}$
Componentes de risco para R3	$R_{D3} = N_D P_D r_f L_f$	$R_{I3} = N_I P_I r_f L_f$	$R3 = R_{D3} + R_{I3}$

Anexo A

Avaliação do número anual N de eventos perigosos

A.1 Generalidades

A densidade de descarga atmosféricas N_g é o número de impactos de descarga atmosféricas por km² por ano.

A.2 Avaliação do número médio anual de impactos numa estrutura (N_D)

N_D é dado pela seguinte fórmula:

$$N_D = N_g A_d C_d 10^{-6}$$

Estruturas retangulares

Para uma estrutura retangular isolada de comprimento L , largura W e altura H num terreno plano, a superfície de exposição equivalente é igual a:

$$A_d = LW + 6H(L + W) + 9\pi(H^2)$$

L , W e H expressos em metros, sendo as dimensões da estrutura considerada.

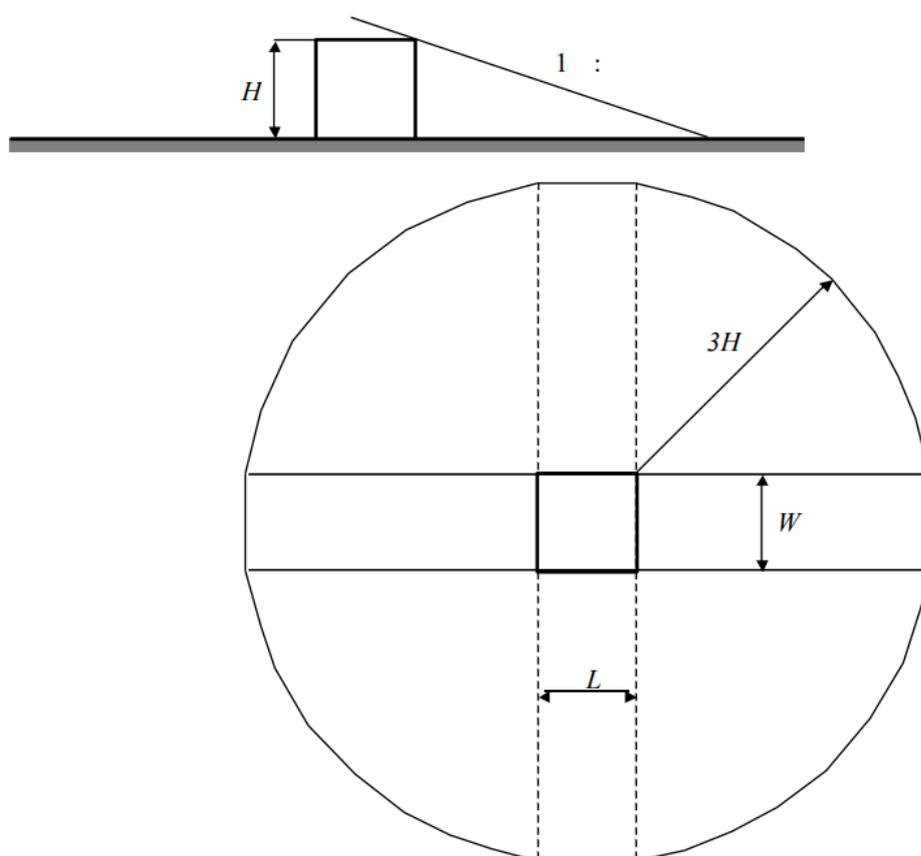


Figura A.1 – Área de exposição equivalente A_d de uma estrutura isolada

Estrutura com uma torre

Se a estrutura tiver uma torre, um valor aproximado aceitável da área equivalente A_d é o máximo entre o valor calculado sem a torre e $9\pi (H_p)^2$ onde H_p é a altura da torre.

Localização relativa da estrutura

A localização relativa da estrutura depende dos objetos circundantes ou da exposição da estrutura e é considerada por um fator de localização C_d (ver Tabela A.1).

Tabela A.1 – Fator de localização C_d

Localização relativa	C_D
Estrutura cercada por objetos mais altos	0,25
Estrutura cercada por objetos ou árvores da mesma altura ou menores	0,5
Estrutura isolada: nenhum outro objeto próximo (num raio igual a $3 \cdot H$ ou $3H_p$, dependendo do caso)	1
Estrutura isolada no topo de uma colina ou numa colina	2

Avaliação do número médio anual de impactos num serviço (N_i)

N_i é dado pela seguinte fórmula:

$$N_i = N_g A_i C_D 10^{-6}$$

Com:

A_i área equivalente de exposição do serviço a descargas atmosféricas (m^2) (ver Tabela A.2)

Tabela A.2 - Zonas de exposição equivalentes ao A_i dependendo das características do serviço

	Aéreo	Enterrado
A_i	40.000	20.000

com

A área equivalente de exposição do serviço a descargas atmosféricas (m^2).

Anexo B

Avaliação da probabilidade de dano P de uma estrutura

As probabilidades dadas neste anexo são válidas somente se as medidas de proteção estiverem de acordo com as normas atuais.

Probabilidade de P_D de um impacto numa estrutura causar danos físicos

Tabela B.1 – Valores de P_D de acordo com as medidas de proteção

Características da estrutura	N_p	P_D
Estrutura não protegida por SPDA	-	1
Estrutura protegida por SPDA	IV	0,2
	III	0,1
	II	0,05
	I	0,02

Probabilidade de P_I de um impacto num serviço resultar em dano físico

Os valores da probabilidade P_I de dano físico devido ao impacto num serviço de entrada dependem do descarregador de sobretensões instalado na entrada de serviço da estrutura para garantir a equipotencialidade com o SPF.

O descarregador de sobretensões Tipo I de acordo com a norma NP EN 61643-11 é obrigatório quando existir um para-raios instalado. Existem algumas exceções, conforme indicado nas Regras Técnicas de Instalações Elétricas de Baixa Tensão.

Tabela B.2 – Valor de probabilidade de PI de acordo com os níveis de proteção para o qual o pára-raios é projetado

N_p	P_i	$I_{imp\ mini}$
Sem descarregador de sobretensões à entrada do serviço	1	-
III - IV	0,05	12,5
II caso)	0,02	20
I	0,01	25

NOTA – Um descarregador de sobretensões permite reduzir o risco de acordo com a corrente da descarga atmosférica que ele pode suportar e, portanto, depende do nível de proteção do SPDA para o qual ele é definido.

Anexo C

Avaliação da quantidade de perdas L numa estrutura

C.1 Perda de vida humana (Risco R1)

$$L_D = L_I = hz \cdot r_f \cdot L_f$$

onde:

r_f é dado na Tabela C.1.

hz é dado na Tabela C.2.

L_f é dado na Tabela C.3.

Tabela C.1 – Valores de r_f

Risco de incêndio	r_f
elevado	10^{-1}
médio	10^{-2}
baixo	10^{-3}

Tabela C.2 – Valores de hz

Tipo de risco para as pessoas	hz
Nenhum risco em particular	1
Baixo nível de pânico (por exemplo estrutura limitada a dois andares ou número de pessoas inferior a 100)	2
Nível de pânico médio (ex. estruturas destinadas a eventos desportivos ou culturais com um número de pessoas compreendido entre 100 e 1 000)	5
Estrutura com dificuldade de evacuação (ex. estruturas com pessoas imobilizadas, hospitais)	5

Nível de pânico elevado (por exemplo estruturas destinadas a eventos culturais e desportivos com um número de pessoas superior a 1000)	10
--	----

Tabela C.3 – Valores de Lf para risco R1

Ocupação da estrutura	Lf
Estrutura normalmente ocupada	10^{-1}
Estrutura sem ocupação	10^{-2}

C.2 Perdas inaceitáveis de serviço público (Risco R2)

$$L_D = L_I = r_f L_f$$

Tabela C.4 – Valores de Lf para risco R2

Tipo de Serviço	Lf
Gás, água	10^{-1}
TV, Comunicação, Eletricidade, Rádio	10^{-2}

r_f é dado na Tabela C.1.

C.3 Perda de património cultural insubstituível (Risco R3)

$$L_D = L_I = r_f 10^{-1}$$

r_f é dado na Tabela C.1.

Anexo D

Exemplo de aplicação

D.1 Local de culto

Neste exemplo, apenas o risco R1 (perda de vida humana) é calculado.

Não é um monumento histórico. Se assim fosse, também teria sido necessário calcular o risco R3.

* $N_g = 2$ impactos/ano/km²

* Dimensões do edifício:

L=30m

L = 15m H = 10m

Altura da torre: 40 m

Área equivalente calculada conforme Anexo A: $A_d = 45.239$ m² (ver A.2)

* $C_d = 1$ (objeto isolado) (ver Tabela A1)

Vem: $N_D = 9,05 \cdot 10^{-2}$ de acordo com a fórmula dada em A.2

* Nenhuma linha conectada ($N_I = 0$)

* $r_f = 10^{-2}$ (risco de incêndio médio de acordo com a Tabela C1 no Anexo C)

* $h_z = 2$ (baixo nível de pânico de acordo com a Tabela C2 no Anexo C)

* $L_f = 10^{-1}$ (estrutura normalmente ocupada de acordo com a Tabela C3 no Anexo C)

Várias etapas são então desenvolvidas para definir a escolha mais apropriada de proteção contra descargas atmosféricas, para que a relação apresentada em 2.3 seja satisfeita.

- Primeira fase: sem proteção contra impactos diretos ($P_D = 1$ de acordo com a Tabela B1 do

Anexo B)

Calculamos $R_{D1} = N_D P_D h_z r_f L_f = 18,1 \cdot 10^{-5}$ (consulte 2.2) (consulte a Tabela 1), que é maior que o risco tolerável, que vale 10^{-5} (ver 2.2)

A proteção (por para-raios, pois este é o risco direto de R_D) é, portanto, necessária.

* Segundo passo: Considera-se a instalação de um para-raios a nível IV (nível mínimo), com um valor de $P_D = 0,2$.

Os outros valores mantem-se inalterados o que resulta num valor de $R_{D1} = 3,62 \cdot 10^{-5}$, que ainda não é suficiente, uma vez que é superior ao risco tolerável.

- Terceiro passo: para-raios de nível superior III. Vem $P_D = 0,1$ e, portanto, $R_{D1} = 1,81 \cdot 10^{-5}$, o que ainda não é suficiente, sendo este valor superior ao risco tolerável.

- Quarto passo: tentamos então o nível II. Então vem $P_D = 0,05$ e, portanto, $R_{D1} = 0,9 \cdot 10^{-5}$

Conclusão: é necessário um para-raios nível II de proteção para proteger este edifício contra descargas atmosféricas diretas.

NOTA 1 – Não é obrigatório passar por todas estas etapas. Com um pouco de experiência, pode-se iniciar o cálculo com valores de nível de proteção próximos da real necessidade.

NOTA 2 – Caso existam linhas ligadas à estrutura, a metodologia é a mesma, mas é necessário calcular também N_l e R_{l1} e colocar o resultado no valor de PI para reduzir o risco global para um nível abaixo do valor aceitável.



iep

instituto
electrotécnico
português

PORTO

Rua de S. Gens, 3717, 4460-817 Custóias
(+351) 229 570 000 (chamada p/ rede fixa nacional)

LISBOA

Estrada Paço do Lumiar, Campus do Lumiar, Ed. D R/C,
Sala 1080 - 1649-038 Lisboa
(+351) 214 717 250 (chamada p/ rede fixa nacional)

info@iep.pt | www.iep.pt