

# ANÁLISE DE RISCO

## SPDA

Conforme NBR 5419-2:2026

---

**Projeto:** DEMO-001 - Galpão Industrial Bloco A  
**Cliente:** DEMONSTRAÇÃO - Indústria Metalúrgica Modelo S.A.  
**End. cliente:** Rodovia BR-153, Km 8, Distrito Industrial - Aparecida de Goiânia - GO CEP: 74980-000  
**End. estrutura:** Rodovia BR-153, Km 8, Distrito Industrial - Aparecida de Goiânia - GO CEP: 74980-000  
**Responsável:** Engenheiro Eletricista João da Silva - DEMONSTRAÇÃO  
**CREA:** 0000000000/D-GO  
**Data:** 16/03/2026  
**Revisão:** 00

*Relatório gerado em: 30/03/2026 02:50*

# SUMÁRIO

---

1. Características da Estrutura
  2. Linhas Conectadas
  3. Áreas de Exposição Equivalentes
  4. Distribuição de Pessoas nas Zonas
  5. Número de Eventos Perigosos
  6. Medidas de Proteção (Probabilidades)
  7. Fatores de Perda
  8. Risco R1 - Perda de Vida Humana
  10. Frequência de Danos F
  11. Risco R4 - Perda Econômica (Informativo)
- Registro Fotográfico do SPDA

*Metodologia conforme NBR 5419-2:2026 - Equacao geral:  $RX = NX \times PX \times LX$  (Eq. 3)*

*Riscos avaliados: R1 (vida humana,  $RT = 10^{-5}$ ), R3 (patrimonio cultural,  $RT = 10^{-4}$ ), F (frequencia de danos)*

## 1. Características da Estrutura

Esta seção apresenta os parâmetros físicos e ambientais da estrutura analisada, conforme Seção 5 e Anexo A da NBR 5419-2:2026. A densidade de descargas atmosféricas para o solo (NG) é obtida do Anexo F (mapa isoceraúnico brasileiro) e representa o número médio de descargas por km<sup>2</sup> por ano na região. As dimensões L (comprimento), W (largura) e H (altura) definem a geometria da estrutura para cálculo das áreas de exposição equivalentes (Anexo A). O fator de localização CD (Tabela A.1) considera a influência do entorno; estruturas cercadas por objetos mais altos recebem menor exposição. A probabilidade PB (Tabela B.2) reflete a eficiência do SPDA instalado conforme seu nível de proteção (NP I a IV), sendo PB = 1 quando não há SPDA.

Parâmetro	Valor
Município	Aparecida de Goiânia - GO
NG (descargas/km <sup>2</sup> /ano)	14.0
L - Comprimento (m)	60.0
W - Largura (m)	30.0
H - Altura (m)	10.0
CD - Fator localização (Tab. A.1)	Estrutura isolada (= 1.0)
PB - Prob. SPDA (Tab. B.2)	SPDA Nível de Proteção III (= 0.1)
KS1 - Tipo blindagem externa	Malha
wm1 - Largura malha externa (m)	5.0

### Estrutura adjacente

Parâmetro	Valor
Lj - Comprimento (m)	20.0
Wj - Largura (m)	15.0
Hj - Altura (m)	6.0
CDj - Fator localização (Tab. A.1)	Cercada por objetos de mesma altura ou menores (= 0.5)

## 2. Linhas Conectadas

Conforme Seção 5.2 e Tabelas A.2 a A.5 da NBR 5419-2:2026, as linhas externas conectadas à estrutura (energia e sinal/telecomunicações) são fontes de dano S3 (descarga na linha) e S4 (descarga próximo a linha). Os parâmetros caracterizam cada linha: LL é o comprimento em km (limitado a 1000m para linhas subterrâneas e até o primeiro no/transformador); CI (Tabela A.4) descreve o tipo de instalação (aérea, subterrânea, cabos blindados); CT (Tabela A.3) define o tipo da linha (energia ou sinal); CE (Tabela A.5) é o fator ambiental da região da linha (urbano, suburbano, rural); UW (Tabela B.5) é a tensão suportável de impulso dos equipamentos conectados, em kV.

### Linha de Energia

Parâmetro	Valor
LL - Comprimento (km)	0.80
CI - Instalação (Tab. A.2)	Linha aérea (= 1.0)
CT - Tipo da linha (Tab. A.3)	Linha de baixa tensão ou sinal (= 1.0)
CE - Meio ambiente (Tab. A.4)	Suburbano (= 0.5)
Tipo de cabo (Tab. B.4)	Linha aérea não blindada
Blindagem da linha (Tab. B.8)	Sem blindagem do cabo
UW - Tensão suportável (kV)	2.50
PEB - DPS Classe I (Tab. B.7)	DPS Classe I - NP III-IV (= 0.05)

### Linha de Sinal

Parâmetro	Valor
LL - Comprimento (km)	0.30
CI - Instalação (Tab. A.2)	Linha enterrada (= 0.5)
CT - Tipo da linha (Tab. A.3)	Linha de baixa tensão ou sinal (= 1.0)
CE - Meio ambiente (Tab. A.4)	Urbano (= 0.1)
Tipo de cabo (Tab. B.4)	Linha enterrada não blindada
Blindagem da linha (Tab. B.8)	Sem blindagem do cabo
UW - Tensão suportável (kV)	1.50
PEB - DPS Classe I (Tab. B.7)	DPS Classe I - NP III-IV (= 0.05)

### 3. Áreas de Exposição Equivalentes

As áreas de exposição equivalentes são calculadas conforme Anexo A da NBR 5419-2:2026 e representam as áreas virtuais do solo sujeitas a descargas que podem causar danos à estrutura. AD (Eq. A.1):  $AD = L \times W + 2 \times (3H) \times (L+W) + \pi \times (3H)^2$ , corrigida pelo fator CD (Tabela A.1). AM (Eq. A.6):  $AM = 2 \times 500 \times (L+W) + \pi \times 500^2$ , abrange descargas próximas até 500m que induzem sobretensões. AL (Eq. A.8):  $AL = 40 \times LL$ , onde LL é o comprimento do trecho da linha em metros (máximo 1000m). AI (Eq. A.10):  $AI = 4000 \times LL$ , para descargas próximas a linha. Estas áreas multiplicadas por  $NG \times 10^{-6}$  determinam o número anual de eventos perigosos N (Seção A.2).

Area	Valor
AD - Exposição direta (m2)	10027
AM - Exposição indireta (m2)	875398
AL_P - Linha Energia direta (m2)	32000
AI_P - Linha Energia indireta (m2)	3200000
AL_T - Linha Sinal direta (m2)	12000
AI_T - Linha Sinal indireta (m2)	1200000

## 4. Distribuição de Pessoas nas Zonas

Conforme Seção 5.3 e Tabela C.3 da NBR 5419-2:2026, a estrutura é dividida em zonas para avaliar a exposição de pessoas. A Zona Z1 (interna) compreende o interior da estrutura; a Zona Z2 (externa/proximidades) abrange até 3m ao redor.  $n_z$  é o número de pessoas presentes em cada zona;  $t_z$  é o tempo de permanência em horas/ano ( $8760h = 24h/dia \times 365 \text{ dias}$ ).  $n_t$  é o número total de pessoas que frequentam a estrutura. O fator de distribuição ( $n_z/n_t \times t_z/8760$ ) pondera o risco pela fração de pessoas expostas e pelo tempo relativo de exposição, sendo utilizado diretamente no cálculo das perdas L1 (Tabela C.3).

Parâmetro	Valor
Zona Z1 - Pessoas ( $n_z$ )	50
Zona Z1 - Horas/dia (entrada)	8.0
Zona Z1 - Horas/ano ( $t_z$ )	2920
Zona Z2 - Pessoas	10
Zona Z2 - Horas/dia (entrada)	2.0
Zona Z2 - Horas/ano	730
Total pessoas ( $n_t$ )	60
Fator Z1 ( $n_z/n_t \times t_z/8760$ )	0.2778

## 5. Número de Eventos Perigosos

O número de eventos perigosos é calculado conforme Seção A.2 da NBR 5419-2:2026.  $ND$  (Eq. A.3) =  $NG \times AD \times CD \times 10^{-6}$  - descargas diretas na estrutura (fonte S1).  $NM$  (Eq. A.5) =  $NG \times AM \times 10^{-6}$  - descargas próximas a estrutura que induzem sobretensões (fonte S2).  $NL$  (Eq. A.7) =  $NG \times AL \times CI \times CE \times CT \times 10^{-6}$  - descargas na linha conectada (fonte S3), onde  $CI$  (Tabela A.2) é o fator de instalação,  $CE$  (Tabela A.4) o fator ambiental e  $CT$  (Tabela A.3) o tipo da linha.  $NI$  (Eq. A.9) =  $NG \times AI \times CI \times CE \times CT \times 10^{-6}$  - descargas próximas a linha (fonte S4). Estes valores são os fatores  $NX$  na equação geral de risco  $RX = NX \times PX \times LX$  (Eq. 3).

Evento	Valor (eventos/ano)
ND - Descargas na estrutura	0.1404
NM - Descargas proximas	12.2556
NL_P - Na linha Energia	0.2240
NI_P - Proximo linha Energia	22.4000
NL_T - Na linha Sinal	0.0084
NI_T - Proximo linha Sinal	0.8400

## 6. Medidas de Proteção (Probabilidades)

As probabilidades de dano representam a eficácia das medidas de proteção, conforme Anexo B da NBR 5419-2:2026. PA (Eq. B.1) = PTA x PB: probabilidade de choque (toque/passos), onde PTA (Tabela B.1) depende das proteções contra contato. PB (Tabela B.2): eficiência do SPDA - NP I=0.02, NP II=0.05, NP III=0.1, NP IV=0.2, Sem SPDA=1. PC (Eq. B.2) = PSPD x CLD: falha de sistemas internos, onde PSPD (Tabela B.3) depende dos DPS coordenados. PM (Eq. B.3/B.4): falha por campo eletromagnético,  $PM = (KS1 \times KS2 \times KS3 \times KS4)^2$ , onde KS1 (Eq. B.5) =  $0.12 \times wm1$  (largura da malha de blindagem). PU (Eq. B.8) = PTU x PEB x PLD x CLD: choque via linha. PV (Eq. B.9) = PEB x PLD x CLD: dano físico via linha. PW (Eq. B.10) = PSPD x PLD x CLD: surto via linha. PZ (Eq. B.11) = PSPD x PLI x CLI: surto por fonte S4. Valores menores indicam maior proteção. São os fatores PX na equação  $RX = NX \times PX \times LX$  (Eq. 3).

### Dados de Entrada - Medidas de Proteção

Parâmetro de Entrada	Valor
PTA - Proteção toque/passos (Tab. B.1)	Isolação elétrica (luvas 3mm) (= 0.01)
PTU - Proteção toque linha (Tab. B.6)	Avisos de advertência (= 0.1)
PSPD Energia - DPS coordenado (Tab. B.3)	-
PSPD Sinal - DPS coordenado (Tab. B.3)	-
KS2 - Tipo blindagem interna	Malha
wm2 - Largura malha interna (m)	10.0
KS3 Energia - Roteamento fiação (Tab. B.5)	-
KS3 Sinal - Roteamento fiação (Tab. B.5)	-

### Probabilidades Calculadas

Probabilidade	Valor
PA - Prob. choque (S1)	1.00e-03
PB - Prob. SPDA	1.00e-01
KS1 - Blindagem externa	0.6000
KS2 - Blindagem interna	1.0000
PC - Prob. falha interna	9.75e-02
PM - Prob. falha S2	2.72e-03
PU_P - Toque linha Energia	5.00e-03
PV_P - Falha linha Energia	5.00e-02
PW_P - Surto linha Energia	5.00e-02
PZ_P - Surto S4 Energia	1.50e-02
PU_T - Toque linha Sinal	5.00e-03
PV_T - Falha linha Sinal	5.00e-02
PW_T - Surto linha Sinal	5.00e-02
PZ_T - Surto S4 Sinal	2.50e-02

## 7. Fatores de Perda

Os fatores de perda quantificam as consequências dos danos, conforme Anexo C da NBR 5419-2:2026.  $LA$  (Eq. C.1) =  $rt \times LT \times (nz/nt) \times (tz/8760) \times rs$ : perda por choque (toque/passos), onde  $rt$  (Tabela C.3) depende do tipo de piso,  $LT=10^{-2}$  (Tabela C.2),  $rs$  (Tabela C.7) do tipo de estrutura.  $LB$  (Eq. C.3) =  $rp \times rf \times hz \times LF \times (nz/nt) \times (tz/8760) \times rs$ : perda por danos físicos, onde  $rp$  (Tabela C.4) = proteção contra incêndio,  $rf$  (Tabela C.5) = risco de incêndio,  $hz$  (Tabela C.6) = perigo especial (pânico, explosão, hospital),  $LF$  (Tabela C.2) = fator base de perda.  $LC$  (Eq. C.4) =  $LO \times (nz/nt) \times (tz/8760) \times rs$ : perda por falha de sistemas internos (D3). São os fatores  $LX$  na equação geral  $RX = NX \times PX \times LX$  (Eq. 3).

### Dados de Entrada - Fatores de Perda

Parâmetro de Entrada	Valor
Tipo da estrutura (Tab. C.2)	Industrial, comercial (LT=0.01, LF=0.02, LO=0)
rt - Tipo de piso (Tab. C.3)	Terra/concreto (= 0.01)
rp - Proteção incêndio (Tab. C.4)	Medidas manuais de combate a incêndio (= 0.5)
rf - Risco incêndio (Tab. C.5)	Risco normal de incêndio (= 0.01)
hz - Perigo especial (Tab. C.6)	Baixo nível de pânico (<= 100 pessoas) (= 2)
rs - Tipo de estrutura (Tab. C.7)	Estrutura robusta (metal/concreto armado) (= 1)
Equipamentos em ZPR 0A	Sim

### L1 - Perda de Vida Humana (Calculado)

Fator	Valor
LA (toque/passos)	2.78e-05
LB (danos físicos)	5.56e-05
LC (falha sist. internos)	0.00e+00

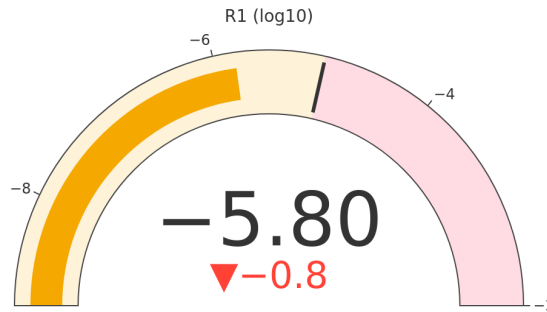
### L4 - Perda Econômica

Fator	Valor
LA4	0.00e+00
LB4	1.50e-03
LC4	6.67e-04

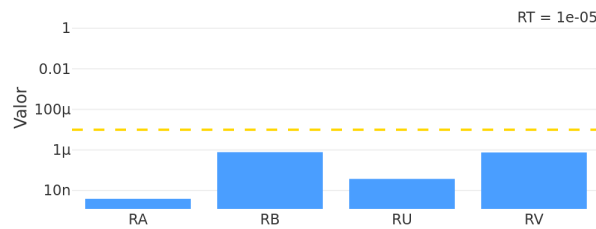
## 8. Risco R1 - Perda de Vida Humana

O Risco R1 avalia a probabilidade anual de perda de vida humana conforme Seção 6.1 da NBR 5419-2:2026. E o risco OBRIGATÓRIO a ser avaliado (item 4.3), com valor tolerável  $RT = 10^{-5}$  (1 em 100.000 por ano).  $R1 = RA + RB + RC + RM + RU + RV + RW + RZ$ , onde cada componente corresponde a um tipo de dano por fonte: RA (choque por descarga na estrutura, fonte S1); RB (dano físico por descarga na estrutura, S1); RC (falha de sistemas internos, S1); RM (falha por descarga proxima, S2); RU (choque via linha, S3); RV (dano físico via linha, S3); RW (surto via linha, S3); RZ (surto de S4). Cada componente e calculado pela equação geral  $RX = NX \times PX \times LX$  (Eq. 3). Se  $R1 > RT$ , medidas de proteção adicionais são OBRIGATÓRIAS até que  $R1 \leq 10^{-5}$ .

**$R1 = 1.57e-06 \leq 1e-05 \rightarrow$  ADEQUADO**



Componentes de Risco



Componente	Valor
RA	3.90e-09
RB	7.80e-07
RC	-
RM	-
RU	3.73e-08
RV	7.46e-07
RW	-
RZ	-
TOTAL	1.57e-06
Toleravel (RT)	1e-05

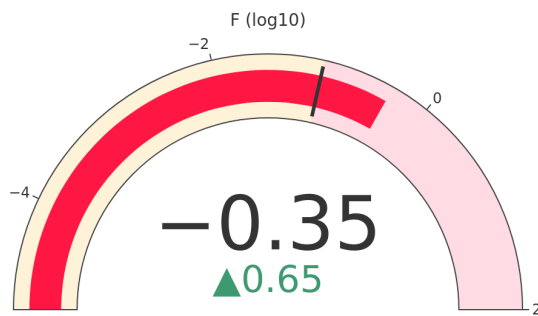
# 10. Frequência de Danos F

NOVIDADE da NBR 5419-2:2026 (Seção 7): a frequência de danos  $F$  avalia o número esperado de danos por ano em sistemas internos (tipo D3).  $F = FB + FC + FM + FV + FW + FZ$  (Eq. 14), onde cada componente  $F_X = N_X \times P_X$  (Eq. 15, sem fator de perda  $L$ ).  $FB = ND \times PB$  (equipamentos em ZPR0A);  $FC = ND \times PC$ ;  $FM = NM \times PM$ ;  $FV = (NL + NDJ) \times PEB$ ;  $FW = (NL + NDJ) \times PW$ ;  $FZ = NI \times PZ$  (conforme Tabela 7). O valor tolerável  $FT$  depende da classificação da estrutura (Seção 7.3.4):  $FT = 0.1/\text{ano}$  para estruturas críticas (hospitais, escolas, indústrias com risco de explosão, locais com dificuldade de evacuação) e  $FT = 1.0/\text{ano}$  para estruturas não-críticas (valor representativo). Se  $F > FT$ , medidas adicionais de proteção são obrigatórias até que  $F \leq FT$  (Seção 7.3.1).

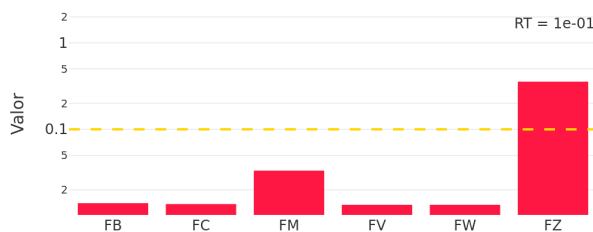
**Classificação selecionada: Crítico (FT = 0.1/ano)**

FT = 0.1 eventos/ano

**F = 4.45e-01 > 1e-01 --> INADEQUADO**



Componentes de Risco



Componente	Valor
FB	1.40e-02
FC	1.37e-02
FM	3.33e-02
FV	1.34e-02
FW	1.34e-02
FZ	3.57e-01
TOTAL	4.45e-01
Toleravel (RT)	1e-01

## RECOMENDACOES TECNICAS PARA ADEQUACAO DE F

As medidas abaixo são sugeridas para reduzir  $F$  ao valor tolerável. Após implementar as medidas, refaca a análise alterando os campos indicados.

#### **Recomendacao 1: FC (S1 - Falha por descarga na estrutura)**

Instalar DPS coordenado (Classe I + II + III) conforme NBR 5419-4:2026 para reduzir  $PC = PSPD \times CLD$ .

#### **Recomendacao 2: FM (S2 - Falha por descarga próxima)**

Melhorar blindagem espacial (KS1/KS2), roteamento de cabos (KS3) e aumentar tensão suportável dos equipamentos (UW/KS4). Instalar DPS coordenado (PSPD).

#### **Recomendacao 3: FV (S3 - Dano por surto em linha)**

Instalar DPS Classe I na entrada de cada linha (PEB). Para linhas de energia: DPS limp  $\geq 12.5$  kA. Para sinal: DPS adequado ao protocolo.

#### **Recomendacao 4: FW (S3 - Falha por surto induzido na linha)**

Instalar DPS coordenado (PSPD) e melhorar blindagem das linhas externas (PLD). Usar cabos blindados com  $RS \leq 1$  ohm aterrados em ambas extremidades.

#### **Recomendacao 5: FZ (S4 - Falha por descarga próxima à linha)**

Instalar DPS coordenado (PSPD) e usar cabos blindados ou fibra óptica. Enterrar linhas em malha de aterramento ( $CI=0.01$ ).

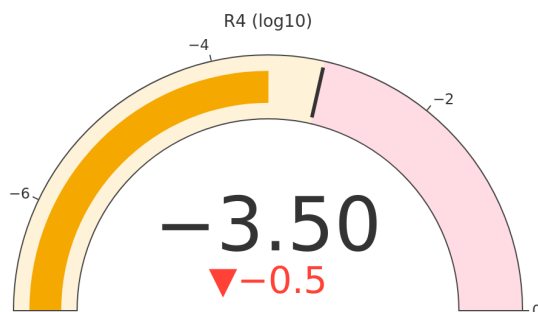
## 11. Risco R4 - Perda Econômica (Informativo)

O Risco R4 avalia a perda econômica (bens materiais e serviços) conforme Seção 6.4 da NBR 5419-2:2026. Este risco é INFORMATIVO (Anexo D).  $R4 = RA4 + RB4 + RC4 + RM4 + RU4 + RV4 + RW4 + RZ4$ . Valor tolerável  $RT4 = 10^{-3}$  (Tabela 3). Permite avaliar se o investimento em proteção é economicamente justificável.

### Dados de Entrada - Valores Econômicos

Parâmetro	Valor
Tipo da estrutura (Tab. D.2)	Hospital, industrial, museu, agricultura (LA4=0.01, LB4=0.5, LC4=0.01)
ca - Animais	R\$ 0,00
cb - Estrutura	R\$ 3.000.000,00
cc - Conteúdo interno	R\$ 5.000.000,00
cs - Sistemas internos	R\$ 1.000.000,00
ct - Valor total	R\$ 15.000.000,00

**$R4 = 3.19e-04 \leq 1e-03 \rightarrow$  ADEQUADO**



Componentes de Risco



Componente	Valor
RA4	-
RB4	2.11e-05
RC4	9.12e-06
RM4	2.22e-05
RU4	-
RV4	2.01e-05
RW4	8.95e-06
RZ4	2.38e-04
TOTAL	3.19e-04
Toleravel (RT)	1e-03

## 12. Memorial Descritivo do SPDA - NP III

Memorial descritivo do Sistema de Proteção contra Descargas Atmosféricas (SPDA) projetado conforme NBR 5419-3:2026, Nível de Proteção III (NP III). O SPDA é composto por 4 subsistemas conforme Seção 6 da Parte 3: Captação (Seção 6.2) - intercepta as descargas usando métodos de esfera rolante, malha e/ou hastes; Descidas (Seção 6.3) - conduz a corrente da descarga ao solo por múltiplos condutores distribuídos pelo perímetro; Aterramento (Seção 6.4) - dispersa a corrente no solo com resistência máxima de 10 ohms; Equipotencialização (Seção 6.5) - interliga todas as partes metálicas e sistemas para evitar diferenças de potencial perigosas. Os materiais e dimensões mínimas atendem a Tabela 6 da NBR 5419-3:2026.

### Resumo Quantitativo

Item	Valor
Nível de Proteção	NP III
Dimensões da estrutura	60.0 x 30.0 x 10.0 m
Perímetro	180.0 m
Área de cobertura	1800.0 m <sup>2</sup>

### 1. Subsistema de Captação

Parâmetro	Valor
Raio da esfera rolante	45 m
Dimensão máxima da malha	15 x 15 m
Condutores longitudinais	5
Condutores transversais	3
Comprimento est. captadores cobertura	~330 m

Materiais para captadores (Tabela 7, NBR 5419-3):

Material	Seção mín.	Diam. mín.
Cobre	35 mm <sup>2</sup>	8 mm
Alumínio	70 mm <sup>2</sup>	8 mm
Aço galvanizado	50 mm <sup>2</sup>	8 mm
Aço inoxidável	50 mm <sup>2</sup>	8 mm

### 2. Subsistema de Descida

Parâmetro	Valor
Espacamento máximo entre descidas	15 m
Número mínimo de descidas	12
Comprimento total est. descidas	~120 m

Materiais para descidas (Tabela 7, NBR 5419-3):

Material	Seção mín.	Forma
Cobre	16 mm <sup>2</sup>	Fita ou cabo
Alumínio	25 mm <sup>2</sup>	Fita ou cabo
Aço galvanizado	50 mm <sup>2</sup>	Fita ou barra
Aço inoxidável	50 mm <sup>2</sup>	Fita ou barra

### 3. Subsistema de Aterramento

Parâmetro	Valor
Arranjo recomendado	Tipo A ou B
Eletrodos (Tipo A)	12 x 5 m min.
Perímetro anel (Tipo B)	$\geq 180$ m
Profundidade mínima	0,5 m

Materiais para eletrodos (Tabela 8, NBR 5419-3):

Material	Dimensão mínima
Cobre nu - Fita	50 mm <sup>2</sup> , esp. 2 mm
Cobre nu - Redondo	Diam. 8 mm
Aço galv. - Fita	90 mm <sup>2</sup> , esp. 3 mm
Aço galv. - Redondo (cravado)	Diam. 16 mm
Aço galv. - Perfil	50 x 50 x 5 mm
Aço inox - Redondo	Diam. 10 mm

### 4. Equipotencialização

Componente	Quantidade / Posição
BEP (Barra Principal)	1 - nível do solo
BEL (Barras Locais)	0 (não necessário, H < 20m)

Condutores de ligação (Tabelas 9 e 10):

Elemento	Seção min.
Inst. metálicas internas	Cu 6 mm <sup>2</sup>
Inst. metálicas externas	Cu 16 mm <sup>2</sup>
Ligação ao SPDA / BEP	Cu 16 mm <sup>2</sup>
DPS Classe I	Cu 16 mm <sup>2</sup>
DPS Classe II	Cu 6 mm <sup>2</sup>
DPS Classe III	Cu 2,5 mm <sup>2</sup>

### 5. Distância de Segurança (ki = 0.04)

Meio	s (pior caso, kc=1, l=10m)
Ar (km=1)	0.40 m
Concreto (km=0,5)	0.80 m

### 6. Sistema de DPS

Classe	Onda	Aplicação	Condutor
Classe I	10/350 us	Entrada (QGD)	Cu 16 mm <sup>2</sup>
Classe II	8/20 us	Quadros interm.	Cu 6 mm <sup>2</sup>
Classe III	Combinada	Equipamentos	Cu 2,5 mm <sup>2</sup>

Linha de Energia: UW = 2.5 kV

Linha de Sinal: UW = 1.5 kV

Total de fotos: 1

Foto 1: Captura de tela 2026-03-29 232523.png

