



SISTEMA DE PROTEÇÃO CONTRA DESCARGA ATMOSFÉRICA - SPDA

Centro de Diagnóstico do Aparelho Digestivo- GASTROCENTRO
Universidade Estadual de Campinas - UNICAMP

18GAS190

Memorial Descritivo e Especificações Técnicas das Instalações Elétricas

Agosto / 2021 [Revisão 01]



Coordenadoria de Projetos – FEC – Unicamp
Av. Albert Einstein, 951, Cidade Universitária Zeferino Vaz,
Campinas, SP CEP 13083-852
Telefone +55 (19) 3521 2312
cproj@fec.unicamp.br

Este Projeto foi elaborado em conceito BIM (Building Information Model, ou Modelo da Informação da Construção) sendo gerados arquivos do modelo e detalhes tridimensionais “3D” com a extensão DWF. Siga as instruções para visualização conforme o tipo de equipamento a ser utilizado.

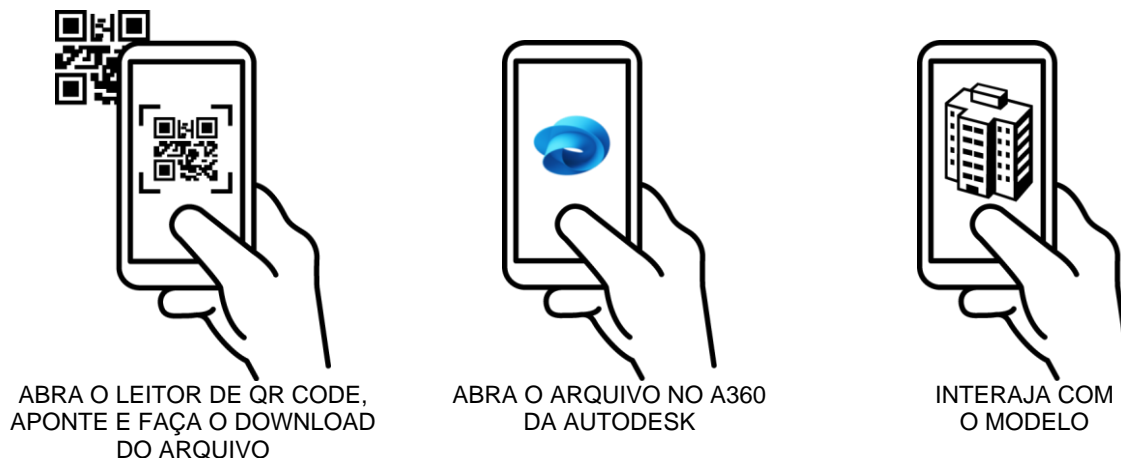
INSTRUÇÕES PARA VISUALIZAÇÃO EM SMARTPHONES OU TABLETS:

Este projeto fornece nas folhas alguns códigos gráficos chamados *QR CODES* que viabilizam a visualização do modelo 3D em meio virtual. Cada planta ou vista está acompanhada de seu próprio modelo, facilitando a visualização de detalhes que não são contemplados pelo material impresso.

Os *QR CODES* são similares aos códigos de barras que são decodificados quando escaneados pela câmera de smartphones e tablets. Para realizar a leitura, é necessário ter um aplicativo leitor de *QR CODE* instalado em seu aparelho.

O aplicativo usado para a visualização do modelo 3D é o A360 – Acesse arquivos CAD (*A360 - View, Share and Review*), aplicativo gratuito disponível para download na *Play Store* e na *App Store*. É necessário estar conectado à internet e fazer um cadastro.

Para ler os códigos, siga as instruções da figura a seguir:



INSTRUÇÕES PARA VISUALIZAÇÃO EM PC ou NOTEBOOK:

Para visualização em PC ou Notebook segue no item 4 os hiperlinks para download das imagens.

É necessário ter instalado o software *Design Review* da *Autodesk*, que é gratuito que pode ser baixado no endereço:

<https://www.autodesk.com/products/design-review/download>



Sumário

1	CLIENTE	5
2	RELAÇÃO DOS PROJETISTAS	5
2.1	ARQUITETURA E COORDENAÇÃO	5
2.2	SERVIÇOS E PROJETOS COMPLEMENTARES	5
3	DOCUMENTOS	5
4	HIPERLINKS	6
5	NORMAS E ESPECIFICAÇÕES	7
6	MEMORIAL DESCRITIVO	9
7	SISTEMA DE PROTEÇÃO CONTRA DESCARGAS ATMOSFÉRICAS – SPDA	10
7.1	OBJETIVO:	10
8	MEMORIAL DE GERENCIAMENTO DE RISCO CONFORME NBR-5419:2015	10
8.1	Densidade e descargas atmosféricas para a terra [Ng]	10
8.2	Geometria da Estrutura	10
8.3	Ad - Área de exposição equivalente [em m ²]	10
8.4	Fatores de Ponderação	10
8.4.1	Fator de Localização da Estrutura PRINCIPAL - Cd (Tabela A.1)	10
8.4.2	Comprimento da Linha de Energia	10
8.4.3	Fator de Instalação da Linha ENERGIA - Ci (Tabela A.2)	11
8.4.4	Fator do Tipo de Linha ENERGIA - Ct (Tabela A.3)	11
8.4.5	Fator Ambiental da Linha ENERGIA - Ce (Tabela A.4)	11
8.4.6	Comprimento da Linha de Sinal	11
8.4.7	Fator de Instalação da Linha SINAL - Cit (Tabela A.2)	11
8.4.8	Fator do Tipo de Linha SINAL - Ctt (Tabela A.3)	11
8.4.9	Fator Ambiental da Linha SINAL - Cet (Tabela A.4)	11
8.4.10	Nd - Número de Eventos Perigosos para a Estrutura [por ano]	11
8.4.11	Nm - Número médio anual de eventos perigosos devido a descargas atmosféricas perto da estrutura [por ano]	12
8.4.12	NI - Número médio anual de eventos perigosos devido a descargas atmosféricas na linha de Energia [por ano]	12
8.4.13	Ni - Número médio anual de eventos perigosos devido a descargas atmosféricas perto da linha de Energia [por ano]	12
8.4.14	Nlt - Número médio anual de eventos perigosos devido a descargas atmosféricas na linha SINAL [por ano]	12
8.4.15	Nit - Número médio anual de eventos perigosos devido a descargas atmosféricas perto da linha SINAL [por ano]	12
8.4.16	Proteção da Estrutura - Pb (Tabela B.2)	13
8.4.17	Tipo de linha externa Energia - Cld e Cli (Tabela B.4)	13
8.4.18	Tipo de linha externa SINAL - Cldt e Clit (Tabela B.4)	13
8.4.19	Ks1	13
8.4.20	Uw Energia	13



Coordenadoria de Projetos – FEC – Unicamp
Av. Albert Einstein, 951, Cidade Universitária Zeferino Vaz,
Campinas, SP CEP 13083-852
Telefone +55 (19) 3521 2312
cproj@fec.unicamp.br

8.4.21	Ks4 Energia.....	13
8.4.22	Uwt Sinal.....	14
8.4.23	Ks4t Sinal.....	14
8.4.24	Nível de Proteção NP – Peb (Tabela B.7).....	14
8.4.25	Roteamento, blindagem e interligação ENERGIA – Pld (Tabela B.8)	14
8.4.26	Roteamento, blindagem e interligação SINAL – Pldt (Tabela B.8).....	14
8.4.27	Pv – Probabilidade de Descarga na linha de Energia Causar danos físicos	14
8.4.28	Pvt – Probabilidade de Descarga na linha de Sinal Causar danos físicos	14
8.5	Zonas da Edificação.....	14
8.5.1	Zona: Zona 1 – Externo.....	14
8.5.2	Zona: Zona 2 – Prédio 1	20
8.5.3	Zona: Zona 3 – Prédio 2	25
8.5.4	Zona: Zona 4 – Cabine/Anexo.....	30
8.6	Risco Total	35
8.6.1	R1	35
8.6.2	Estrutura Protegida.....	35
8.7	Nível de Proteção adotada: I.....	36
8.8	Método Utilizado	36
8.8.1	Malha ou da Gaiola de Faraday	36
8.9	Cálculo do Número de descidas [N]	36
8.10	Cálculo do Comprimento do Condutor enterrado horizontalmente.....	36
8.11	Anéis horizontais de interligação das descidas.....	37
8.12	Seções mínimas.....	37
8.12.1	Condutores de Captação, Hastes Captoras e Condutores de Descidas	37
8.12.2	Eletrodo de Aterramento	37
9	INSTALAÇÕES E SERVIÇOS:.....	37
9.1	DISTÂNCIA DE SEGURANÇA.....	38
10	PLANILHA ORIENTATIVA DE MATERIAIS	39
10.1	LISTA DE MATERIAIS E SERVIÇOS.....	39



Coordenadoria de Projetos – FEC - Unicamp
Av. Albert Einstein, 951, Cidade Universitária Zeferino Vaz,
Campinas, SP CEP 13083-852
Telefone +55 (19) 3521 2312
cproj@fec.unicamp.br

1 CLIENTE

GASTROCENTRO – CENTRO DE DIAGNÓSTICO DO APARELHO DIGESTIVO - UNICAMP.
Rua Carlos Chagas, 420, Cidade Universitária Zeferino Vaz, Barão Geraldo, Campinas, SP.

2 RELAÇÃO DOS PROJETISTAS

2.1 ARQUITETURA E COORDENAÇÃO

Coordenação

CPROJ – Coordenadoria de Projetos - FEC
Tecg. Sérgio Adriano Bizello [19 3521.2995]

Arquitetura

CPROJ – Coordenadoria de Projetos - FEC
Arq. Fabio Augusto Locilento [19 3521.2996]
Tecg. Carlos Alexandre Bacci [19 3521.2333]

2.2 SERVIÇOS E PROJETOS COMPLEMENTARES

Instalações Elétricas e Interligações

CPROJ – Coordenadoria de Projetos - FEC
Eng. José Roberto Marini [19 3521.2997]

3 DOCUMENTOS

- Memorial Descritivo
- Lista de materiais
- E01 – Planta Telhado
- E02 – Planta Térreo
- E03 – Detalhes Construtivos



Coordenadoria de Projetos – FEC – Unicamp
Av. Albert Einstein, 951, Cidade Universitária Zeferino Vaz,
Campinas, SP CEP 13083-852
Telefone +55 (19) 3521 2312
cproj@fec.unicamp.br

4 HIPERLINKS

Memorial Descritivo e Lista de Material do projeto ELE-SPDA, arquivo em PDF:

https://drive.google.com/file/d/10KLahCFvNEq3WGU_a6jXqaQJN_Ejk2jYs/view?usp=sharing

Projeto Elétrico, Planta Telhado, folha E01, arquivo em PDF:

<https://drive.google.com/file/d/13r9saJpuQwnE7NcBdo9Q11zqkyfuwXj8/view?usp=sharing>

Projeto Elétrico, Planta Térreo, folha E02, arquivo em PDF:

<https://drive.google.com/file/d/13scS6qVywN3YPp-7aLAjE1KYXEgauSln/view?usp=sharing>

Projeto Elétrico, Detalhes Construtivos, folhas E03, arquivo em PDF:

<https://drive.google.com/file/d/147DnU4hj3LYrx2JBhyPPF-ER0YRODTIV/view?usp=sharing>

Vistas e Detalhes 3D, arquivos em DWF:

Projeto 3D Completo:

<https://drive.google.com/file/d/1zw4h-olz8tAtvpEcjl2-wOTPr8piYGgB/view?usp=sharing>

Projeto Térreo:

<https://drive.google.com/file/d/1zx-QaU3Jna8eLg6PvEqICcG0q54qaNKI/view?usp=sharing>

Detalhe 1:

<https://drive.google.com/file/d/1jqC2hZKdFKkhUBnuCILWZ8RVAFoXxhqp/view?usp=sharing>

Detalhe 2:

https://drive.google.com/file/d/1-7GUoZH2uZLS5rS8t18_5ckjLvNbbva0/view?usp=sharing

Detalhe 3:

<https://drive.google.com/file/d/1-8shVBgbqaX04wggylbkrZFrQzDqf7V/view?usp=sharing>

Detalhe 4:

<https://drive.google.com/file/d/1-JghDuE64sijXwkzgFq0Xf9K5rugGEwo/view?usp=sharing>

Detalhe 5:

https://drive.google.com/file/d/1-NDYA2IHSJL_Sgvi45MfLn7G7geqqgTX/view?usp=sharing

Detalhe 6:

https://drive.google.com/file/d/1-OSDX_gZRos_diV-_Q2pM1Zzi4qv6wLJ/view?usp=sharing



Coordenadoria de Projetos – FEC – Unicamp
Av. Albert Einstein, 951, Cidade Universitária Zeferino Vaz,
Campinas, SP CEP 13083-852
Telefone +55 (19) 3521 2312
cproj@fec.unicamp.br

5 NORMAS E ESPECIFICAÇÕES

NBR 5410 - Instalações Elétricas de Baixa Tensão.

ABNT NBR 5419-1:2015 - Proteção contra descargas atmosféricas Parte 1: Princípios gerais

ABNT NBR 5419-2:2015 - Proteção contra descargas atmosféricas Parte 2: Gerenciamento de risco

ABNT NBR 5419-3:2015 - Proteção contra descargas atmosféricas Parte 3: Danos físicos a estruturas e perigos à vida

ABNT NBR 5419-4:2015 - Proteção contra descargas atmosféricas Parte 4: Sistemas elétricos e eletrônicos internos na estrutura

NR 10 - Segurança em Instalações e Serviços em Eletricidade

Todos os materiais e equipamentos utilizados deverão ser novos e atender as normas da CPFL e o Caderno de Encargos da Unicamp:

http://www.prefeitura.unicamp.br/documentos/caderno_encargos.pdf



Coordenadoria de Projetos – FEC - Unicamp
Av. Albert Einstein, 951, Cidade Universitária Zeferino Vaz,
Campinas, SP CEP 13083-852
Telefone +55 (19) 3521 2312
cproj@fec.unicamp.br



6 MEMORIAL DESCRITIVO

Esse projeto visa à adequação do Sistema de Proteção Contra Descargas Atmosféricas – SPDA do Centro de Diagnóstico do Aparelho Digestivo – GASTROCENTRO, situado a Rua Carlos Chagas, 420, Cidade Universitária Zeferino Vaz, Campinas, SP.

Foram tomados alguns partidos para este projeto procurando padronizar a maior parte possível de decisões para facilitar a execução das instalações.

Antes da execução, confirmar todas as medidas no local e confrontar com as medidas fornecidas em projeto executivo podendo haver necessidade de ajustes.

Serão exigidos todos os serviços necessários para a perfeita execução do projeto e especificações, mesmo que eventualmente não estejam explicitamente indicados, como por exemplo: aluguel de máquinas e equipamentos, ferramental para execução dos serviços; etc.

Todo o levantamento das quantidades de materiais e mão-de-obra necessários para o atendimento e execução integral dos serviços, objeto do escopo do presente projeto, incluindo os serviços implícitos, é de integral responsabilidade da Contratada, não cabendo posteriores pleitos de quantidades não previstas.

Alguns materiais ou equipamentos têm uma marca como referência, que poderão ser substituídas por materiais ou equipamentos com desempenho técnico equivalente desde que sejam de qualidade compatível e atendam os itens descritos.

Todos os materiais e equipamentos utilizados deverão ser novos e atender as normas NBR5410, ABNT NBR5419-2015 e o Caderno de Encargos da Unicamp:

(http://www.prefeitura.unicamp.br/documentos/caderno_encargos.pdf)

Todos os elementos que compõe o sistema atual de SPDA, como condutores, elementos de fixação, Captadores Tipo Franklin, etc. incluindo os rufos metálicos tipo capa, deverão ser retirados de forma cuidadosa e acomodados em local a ser definido pela Direção ou pela Fiscalização de Obras e serão considerados materiais de descarte, não podendo ser reaproveitado na obra.

Os furos deixados nas telhas e rufos pelas buchas usadas para fixação dos elementos de fixação do sistema de SPDA existente e que será retirado, deverão ser vedados com Veda Trica, Veda Laje Flexível ou Veda Calha, resistente a raios UV.

A malha de aterramento da cabine de entrada de energia elétrica é existente e deverá ser interligada a nova malha de SPDA a ser construída, conforme indicado no projeto.

Todas as estruturas ou equipamentos metálicos como caixilhos, aparelhos de ar-condicionado, etc., que estiverem dentro da área de segurança dos condutores de captação e descidas deverão ser ligados as mesmas com condutores de cobre de no mínimo de 16mm² ou com barra chata de alumínio de 7/8" x 1/8".



7 SISTEMA DE PROTEÇÃO CONTRA DESCARGAS ATMOSFÉRICAS – SPDA

7.1 OBJETIVO:

Esse Memorial visa estabelecer as condições de projeto, instalação e manutenção do sistema de proteção contra descargas atmosféricas (SPDA) para proteger o prédio de construção em bloco estrutural do GASTROCENTRO, contra a incidência direta e indireta dos raios e seus campos eletromagnéticos. A proteção se aplica também contra a incidência direta e indireta dos raios sobre os equipamentos e pessoas que se encontrem no interior do prédio.

Deve ser lembrado que um SPDA não impede a ocorrência de descargas atmosféricas, e não pode assegurar a proteção absoluta de uma estrutura, de pessoas e bens, porém o seu emprego reduz de forma significativa os riscos de danos devidos a essas descargas.

8 MEMORIAL DE GERENCIAMENTO DE RISCO CONFORME NBR-5419:2015

8.1 DENSIDADE E DESCARGAS ATMOSFÉRICAS PARA A TERRA [NG]

$$N_g = 9 \text{ [Descargas / km}^2\text{/ano]}$$

Fonte = Mapa - Sudeste

8.2 GEOMETRIA DA ESTRUTURA

$$\text{Comprimento [L]} = 62 \text{ m}$$

$$\text{Largura [W]} = 41 \text{ m}$$

$$\text{Altura [H]} = 13.8 \text{ m}$$

8.3 AD - ÁREA DE EXPOSIÇÃO EQUIVALENTE [EM M²]

$$A_d = L * W + 2 * (3 * H) * (L + W) + \pi * (3 * H)^2$$

$$A_d = 62 * 41 + 2 * (3 * 13.8) * (62 + 41) + 3.14159 * (3 * 13.8)^2$$

$$A_d = 16454.96 \text{ m}^2$$

8.4 FATORES DE PONDERAÇÃO

8.4.1 Fator de Localização da Estrutura PRINCIPAL - Cd (Tabela A.1)

Estrutura cercada por objetos da mesma altura ou mais baixos

$$C_d = 0.5$$

8.4.2 Comprimento da Linha de Energia

$$L_i = 1000 \text{ [m]}$$



8.4.3 Fator de Instalação da Linha ENERGIA - C_i (Tabela A.2)

Cabos enterrados instalados completamente dentro de uma malha de aterramento

$$C_i = 0.01$$

8.4.4 Fator do Tipo de Linha ENERGIA - C_t (Tabela A.3)

Linha de Energia em AT (com transformador AT/BT)

$$C_t = 0.2$$

8.4.5 Fator Ambiental da Linha ENERGIA - C_e (Tabela A.4)

Suburbano

$$C_e = 0.5$$

8.4.6 Comprimento da Linha de Sinal

$$L_{lt} = 1000 \text{ [m]}$$

8.4.7 Fator de Instalação da Linha SINAL - C_{it} (Tabela A.2)

Enterrado

$$C_{it} = 0.5$$

8.4.8 Fator do Tipo de Linha SINAL - C_{tt} (Tabela A.3)

Linha de Energia ou Sinal

$$C_{tt} = 1.0$$

8.4.9 Fator Ambiental da Linha SINAL - C_{et} (Tabela A.4)

Suburbano

$$C_{et} = 0.5$$

8.4.10 N_d - Número de Eventos Perigosos para a Estrutura [por ano]

$$N_d = N_g * A_d * C_d * 10^{-6}$$

$$N_d = 0.07405$$



8.4.11 Nm - Número médio anual de eventos perigosos devido a descargas atmosféricas perto da estrutura [por ano]

$$Nm = Ng * Am * 10^{-6}$$

$$Am = 2 * 500 * (L + W) + Pi * 500^2$$

$$Am = 888398.16$$

$$Nm = 7.99558$$

8.4.12 NI - Número médio anual de eventos perigosos devido a descargas atmosféricas na linha de Energia [por ano]

$$NI = Ng * AI * Ci * Ce * Ct * 10^{-6}$$

$$AI = 40 * LI$$

$$AI = 40000$$

$$NI = 0.00036$$

8.4.13 Ni - Número médio anual de eventos perigosos devido a descargas atmosféricas perto da linha de Energia [por ano]

$$Ni = Ng * Ai * Ci * Ce * Ct * 10^{-6}$$

$$Ai = 4000 * LI$$

$$Ai = 4000000$$

$$Ni = 0.036$$

8.4.14 NIt - Número médio anual de eventos perigosos devido a descargas atmosféricas na linha SINAL [por ano]

$$NIt = Ng * AI * Cit * Cet * Ctt * 10^{-6}$$

$$Alt = 40 * LI$$

$$Alt = 40000$$

$$NIt = 0.09$$

8.4.15 Nit - Número médio anual de eventos perigosos devido a descargas atmosféricas perto da linha SINAL [por ano]

$$Nit = Ng * Ait * Cit * Cet * Ctt * 10^{-6}$$

$$Ait = 4000 * LI$$

$$Ait = 4000000$$

$$Nit = 9$$



8.4.16 Proteção da Estrutura - Pb (Tabela B.2)

Estrutura protegida por SPDA - Classe I

$$Pb = 0.02$$

8.4.17 Tipo de linha externa Energia - Cld e Cli (Tabela B.4)

Linha enterrada blindada (energia ou sinal)

Blindagem interligada ao mesmo barramento de equipotencialização que o equipamento

$$Cld = 1$$

$$Cli = 0$$

8.4.18 Tipo de linha externa SINAL - Cldt e Clit (Tabela B.4)

Linha aérea blindada (energia ou sinal)

Blindagem não interligada ao mesmo barramento de equipotencialização que o equipamento

$$Cldt = 1$$

$$Clit = 0.1$$

8.4.19 Ks1

Ks1: leva em consideração a eficiência da blindagem por malha da estrutura, SPDA ou outra blindagem na interface ZPR 0/1;

Dentro de uma ZPR, em uma distância de segurança do limite da malha no mínimo igual à largura da malha W_m ,

fatores Ks1 e Ks2 para SPDA ou blindagem tipo malha espacial podem ser avaliados como: $Ks1 = 0,12 \times W_m1$

$$Ks1 = 1$$

8.4.20 Uw Energia

Uw: é a tensão suportável nominal de impulso do sistema a ser protegido, expressa em quilovolts (kV).

$$Uw = 2.5$$

8.4.21 Ks4 Energia

Ks4: leva em consideração a tensão suportável de impulso do sistema a ser protegido. $Ks4 = 1 / Uw$

$$Ks4 = 0.4$$



8.4.22 Uwt Sinal

$$Uwt = 1.5$$

8.4.23 Ks4t Sinal

$$Ks4t = 0.67$$

8.4.24 Nível de Proteção NP - Peb (Tabela B.7)

DPS Classe II

$$Peb = 0.02$$

8.4.25 Roteamento, blindagem e interligação ENERGIA - Pld (Tabela B.8)

Linha aérea ou enterrada, não blindada ou com a blindagem não interligada ao mesmo barramento de equipotencialização do equipamento ($Uw=2.5$)

$$Pld = 1$$

8.4.26 Roteamento, blindagem e interligação SINAL - Pldt (Tabela B.8)

Linha aérea ou enterrada, não blindada ou com a blindagem não interligada ao mesmo barramento de equipotencialização do equipamento ($Uw=1.5$)

$$Pldt = 1$$

8.4.27 Pv - Probabilidade de Descarga na linha de Energia Causar danos físicos

$$Pv = Peb * Pld * Cld$$

$$Pv = 0.02$$

8.4.28 Pvt - Probabilidade de Descarga na linha de Sinal Causar danos físicos

$$Pvt = Peb * Pldt * Cldt$$

$$Pvt = 0.02$$

8.5 ZONAS DA EDIFICAÇÃO

8.5.1 Zona: Zona 1 - Externo

8.5.1.1 Número de pessoas na Zona

$$nz = 10$$

8.5.1.2 Número total de pessoas na Estrutura

$$nt = 280$$



Coordenadoria de Projetos – FEC – Unicamp
Av. Albert Einstein, 951, Cidade Universitária Zeferino Vaz,
Campinas, SP CEP 13083-852
Telefone +55 (19) 3521 2312
cproj@fec.unicamp.br

8.5.1.3 Tempo de presença das pessoas na Zona (h/ano)

$t_z = 2600$

8.5.1.4 Tempo de presença das pessoas em locais perigosos fora da estrutura (h/ano)

$t_e = 2600$

8.5.1.5 L1 - Perda de vida humana incluindo ferimento permanente

Considerar

8.5.1.6 L2 - Perda inaceitável de serviço ao público

Desprezar

8.5.1.7 L3 - Perda inaceitável de patrimônio cultural

Desprezar

8.5.1.8 L4 - Perda econômica

Desprezar

8.5.1.9 Risco de Explosão / Hospitais

Não

8.5.1.10 Medidas de Proteção (descargas na linha) - Ptu (Tabela B.6)

Não aplicável (área externa)

$P_{tu} = 0$

8.5.1.11 Ks2

$K_{s2} = 1$

8.5.1.12 Nível de Proteção NP ENERGIA - Pspd (Tabela B.3)

DPS Classe II

$P_{spd} = 0.02$

8.5.1.13 Fiação Interna ENERGIA - Ks3 (Tabela B.5)

Cabo não blindado - preocupação no roteamento no sentido de evitar laços

Condutores em laço roteados em um mesmo cabo (área do laço $\sim 0,5 \text{ m}^2$)

$K_{s3} = 0.01$

8.5.1.14 Nível de Proteção NP SINAL - Pspdt (Tabela B.3)

Nenhum sistema de DPS coordenado

$P_{spdt} = 1$



8.5.1.15 Fiação Interna SINAL - Ks3t (Tabela B.5)

Cabo não blindado - preocupação no roteamento no sentido de evitar grandes laços

Condutores em laço roteados em um mesmo eletroduto ou condutores em laço com diferentes roteamentos em edifícios pequenos (área do laço $\sim 10\text{m}^2$)

$$Ks3t = 0.2$$

8.5.1.16 Pc - Probabilidade de Descarga na Estrutura causar Danos em sistemas internos

$$Pc = Pspd * Cld$$

$$Pc = 0.02$$

8.5.1.17 Pct - Probabilidade de Descarga na Estrutura causar Danos em sistemas internos SINAL

$$Pct = Pspdt * Cldt$$

$$Pct = 1$$

8.5.1.18 Pms

$$Pms = (Ks1 * Ks2 * Ks3 * Ks4) ^ 2$$

$$Pms = 0.016 * 10 ^ {-3}$$

8.5.1.19 Pmst

$$Pmst = (Ks1 * Ks2 * Ks3t * Ks4t) ^ 2$$

$$Pmst = 0.01796$$

8.5.1.20 Pm - Probabilidade de Descarga perto da Estrutura causar Danos em sistemas internos

$$Pm = Pspd * Pms$$

$$Pm = 0.032 * 10 ^ {-5}$$

8.5.1.21 Pmt - Probabilidade de Descarga perto da Estrutura causar Danos em sistemas internos SINAL

$$Pmt = Pspdt * Pmst$$

$$Pm = 0.01796$$

8.5.1.22 Pu - Probabilidade de Descarga na linha causar ferimentos a seres vivos por choque

$$Pu = Ptu * Peb * Pld * Cld$$

$$Pu = 0$$

8.5.1.23 Put - Probabilidade de Descarga na linha causar ferimentos a seres vivos por choque SINAL

$$Put = Ptu * Peb * Pldt * Cldt$$

$$Put = 0$$



8.5.1.24 Pw - Probabilidade de Descarga na linha Causar falha de sistemas internos

$$Pw = Pspd * Pld * Cld$$

$$Pw = 0.02$$

8.5.1.25 Pwt - Probabilidade de Descarga na linha Causar falha de sistemas internos SINAL

$$Pwt = Pspdt * Pldt * Cldt$$

$$Pwt = 1$$

8.5.1.26 Pli

$$Pli \text{ para } U_w = 2.5 \text{ kV}$$

$$Pli = 0.3$$

8.5.1.27 Plit

$$Plit \text{ para } U_{wt} = 1.5 \text{ kV}$$

$$Plit = 0.5$$

8.5.1.28 Pz - Probabilidade de Descarga perto da linha Causar falha de sistemas internos

$$Pz = Pspd * Pli * Cli$$

$$Pz = 0$$

8.5.1.29 Pzt - Probabilidade de Descarga perto da linha Causar falha de sistemas internos SINAL

$$Pzt = Pspdt * Plit * Clit$$

$$Pzt = 0.05$$

8.5.1.30 Medidas de Proteção (descargas na estrutura) - Pta (Tabela B.1)

Isolação elétrica (por exemplo, de pelo menos 3mm de polietileno reticulado das partes expostas (por exemplo, condutores de descidas))

$$Pta = 0.01$$

8.5.1.31 Tipo de superfície do solo ou piso - Fator de redução r_t (Tabela C.3)

Agricultura, concreto (Resistência de contato $\leq 1 \text{ ohm}$)

$$r_t = 0.01$$

8.5.1.32 Providências para reduzir consequências de incêndio - Fator de redução r_p (Tabela C.4)

Uma das seguintes providências: extintores, instalações fixas operadas manualmente, instalações de alarme manuais, hidrantes. compartimentos à prova de fogo, rotas de escape

$$r_p = 0.5$$



8.5.1.33 Risco de incêndio ou explosão na estrutura – Fator de redução r_f (Tabela C.5)

Nenhum Risco de Explosão ou Incêndio

$$r_f = 0$$

8.5.1.34 Perigo Especial – Fator h_z (Tabela C.6)

Sem perigo especial

$$h_z = 1$$

8.5.1.35 P_a – Probabilidade de Descarga na estrutura causar ferimentos a seres vivos por choque

$$P_a = P_{ta} * P_b$$

$$P_a = 0.0002$$

8.5.1.36 L_1 – Perda de vida humana incluindo ferimento permanente

8.5.1.36.1 L_T

$$L_t = 0.01$$

8.5.1.36.2 D_2 – DANOS FÍSICOS – L_F (TABELA C.2)

Hospital, hotel, escola, edifício cívico

$$L_f = 0.1$$

8.5.1.36.3 D_3 – FALHAS DE SISTEMAS INTERNOS – L_O (TABELA C.2)

Outras partes de hospital

$$L_o = 0.001$$

8.5.1.36.4 L_A

$$L_a = r_t * L_t * (n_z / n_t) * (t_z / 8760)$$

$$L_a = 0.0106 * 10^{-4}$$

8.5.1.36.5 L_U

$$L_u = L_a = 0.0106 * 10^{-4}$$

8.5.1.36.6 L_E

$$L_e = 1.0 * (t_e / 8760)$$

$$L_e = 0.2968$$

8.5.1.36.7 L_B

$$L_b = r_p * r_f * h_z * (L_f + L_e) * (n_z / n_t) * (t_z / 8760)$$

$$L_b = 0$$

8.5.1.36.8 L_V

$$L_v = L_b = 0$$



8.5.1.36.9 LC

$$L_c = L_o * (n_z / n_t) * (t_z / 8760)$$

$$L_c = 0.0106 * 10^{-3}$$

8.5.1.36.10 LM LW LZ

$$L_m = L_w = L_z = L_c = 0.0106 * 10^{-3}$$

8.5.1.37 Riscos [R1] da Zona [Zona 1 - Externo]

8.5.1.37.1 RA

$$R_a = N_d * P_a * L_a$$

$$R_a = 0.07405 * 0.0002 * 0.0106 * 10^{-4}$$

$$R_a = 0.0157 * 10^{-9}$$

8.5.1.37.2 RB

$$R_b = N_d * P_b * L_b$$

$$R_b = 0.07405 * 0.02 * 0$$

$$R_b = 0$$

8.5.1.37.3 RU

$$R_u = (N_l + N_{dj}) * P_u * L_u$$

$$R_u = (0.00036 + 0) * 0 * 0.0106 * 10^{-4}$$

$$R_u = 0$$

8.5.1.37.4 RUT

$$R_{ut} = (N_{lt} + N_{dj1}) * P_{ut} * L_u$$

$$R_{ut} = (0.09 + 0) * 0 * 0.0106 * 10^{-4}$$

$$R_{ut} = 0$$

8.5.1.37.5 RV

$$R_v = (N_l + N_{dj}) * P_v * L_v$$

$$R_v = (0.00036 + 0) * 0.02 * 0$$

$$R_v = 0$$

8.5.1.37.6 RVT

$$R_{vt} = (N_{lt} + N_{dj1}) * P_{vt} * L_v$$

$$R_{vt} = (0.09 + 0) * 0.02 * 0$$

$$R_{vt} = 0$$



8.5.1.37.7 R1Z

$$R1z = Ra + Rb + Ru + Rv + Rut + Rvt$$

$$R1z = 0.0157 \times 10^{-9} + 0 + 0 + 0 + 0 + 0$$

$$R1z = 0.00000157 \times 10^{-5}$$

8.5.2 Zona: Zona 2 - Prédio 1

8.5.2.1 Número de pessoas na Zona

$$nz = 125$$

8.5.2.2 Número total de pessoas na Estrutura

$$nt = 280$$

8.5.2.3 Tempo de presença das pessoas na Zona (h/ano)

$$tz = 2600$$

8.5.2.4 Tempo de presença das pessoas em locais perigosos fora da estrutura (h/ano)

$$te = 2600$$

8.5.2.5 L1 - Perda de vida humana incluindo ferimento permanente

Considerar

8.5.2.6 L2 - Perda inaceitável de serviço ao público

Desprezar

8.5.2.7 L3 - Perda inaceitável de patrimônio cultural

Desprezar

8.5.2.8 L4 - Perda econômica

Desprezar

8.5.2.9 Risco de Explosão / Hospitais

Não

8.5.2.10 Medidas de Proteção (descargas na linha) - Ptu (Tabela B.6)

Isolação elétrica

$$Ptu = 0.01$$

8.5.2.11 Ks2

$$Ks2 = 1$$

8.5.2.12 Nível de Proteção NP ENERGIA - Pspd (Tabela B.3)

DPS Classe II

$$Pspd = 0.02$$



8.5.2.13 Fiação Interna ENERGIA - Ks3 (Tabela B.5)

Cabo não blindado - preocupação no roteamento no sentido de evitar laços

Condutores em laço roteados em um mesmo cabo (área do laço $\sim 0,5 \text{ m}^2$)

$$Ks3 = 0.01$$

8.5.2.14 Nível de Proteção NP SINAL - Pspdt (Tabela B.3)

Nenhum sistema de DPS coordenado

$$Pspdt = 1$$

8.5.2.15 Fiação Interna SINAL - Ks3t (Tabela B.5)

Cabo não blindado - preocupação no roteamento no sentido de evitar grandes laços

Condutores em laço roteados em um mesmo eletroduto ou condutores em laço com diferentes roteamentos em edifícios pequenos (área do laço $\sim 10 \text{ m}^2$)

$$Ks3t = 0.2$$

8.5.2.16 Pc - Probabilidade de Descarga na Estrutura causar Danos em sistemas internos

$$Pc = Pspd * Cld$$

$$Pc = 0.02$$

8.5.2.17 Pct - Probabilidade de Descarga na Estrutura causar Danos em sistemas internos SINAL

$$Pct = Pspdt * Cldt$$

$$Pct = 1$$

8.5.2.18 Pms

$$Pms = (Ks1 * Ks2 * Ks3 * Ks4) ^ 2$$

$$Pms = 0.016 * 10 ^ {-3}$$

8.5.2.19 Pmst

$$Pmst = (Ks1 * Ks2 * Ks3t * Ks4t) ^ 2$$

$$Pmst = 0.01796$$

8.5.2.20 Pm - Probabilidade de Descarga perto da Estrutura causar Danos em sistemas internos

$$Pm = Pspd * Pms$$

$$Pm = 0.032 * 10 ^ {-5}$$

8.5.2.21 Pmt - Probabilidade de Descarga perto da Estrutura causar Danos em sistemas internos SINAL

$$Pmt = Pspdt * Pmst$$

$$Pm = 0.01796$$



8.5.2.22 Pu - Probabilidade de Descarga na linha causar ferimentos a seres vivos por choque

$$P_u = P_{tu} * P_{eb} * P_{ld} * C_{ld}$$

$$P_u = 0.0002$$

8.5.2.23 Put - Probabilidade de Descarga na linha causar ferimentos a seres vivos por choque SINAL

$$P_{ut} = P_{tu} * P_{eb} * P_{ldt} * C_{ldt}$$

$$P_{ut} = 0.0002$$

8.5.2.24 Pw - Probabilidade de Descarga na linha Causar falha de sistemas internos

$$P_w = P_{spd} * P_{ld} * C_{ld}$$

$$P_w = 0.02$$

8.5.2.25 Pwt - Probabilidade de Descarga na linha Causar falha de sistemas internos SINAL

$$P_{wt} = P_{spdt} * P_{ldt} * C_{ldt}$$

$$P_{wt} = 1$$

8.5.2.26 Pli

$$P_{li} \text{ para } U_w = 2.5 \text{ kV}$$

$$P_{li} = 0.3$$

8.5.2.27 Plit

$$P_{lit} \text{ para } U_{wt} = 1.5 \text{ kV}$$

$$P_{lit} = 0.5$$

8.5.2.28 Pz - Probabilidade de Descarga perto da linha Causar falha de sistemas internos

$$P_z = P_{spd} * P_{li} * C_{li}$$

$$P_z = 0$$

8.5.2.29 Pzt - Probabilidade de Descarga perto da linha Causar falha de sistemas internos SINAL

$$P_{zt} = P_{spdt} * P_{lit} * C_{lit}$$

$$P_{zt} = 0.05$$

8.5.2.30 Medidas de Proteção (descargas na estrutura) - Pta (Tabela B.1)

Isolação elétrica (por exemplo, de pelo menos 3mm de polietileno reticulado das partes expostas (por exemplo, condutores de descidas))

$$P_{ta} = 0.01$$

8.5.2.31 Tipo de superfície do solo ou piso - Fator de redução r_t (Tabela C.3)

Mármore, cerâmica (Resistência de contato entre 1 e 10 ohms)

$$r_t = 0.001$$



8.5.2.32 Providências para reduzir consequências de incêndio – Fator de redução r_p (Tabela C.4)

Uma das seguintes providências: extintores, instalações fixas operadas manualmente, instalações de alarme manuais, hidrantes. compartimentos à prova de fogo, rotas de escape

$$r_p = 0.5$$

8.5.2.33 Risco de incêndio ou explosão na estrutura – Fator de redução r_f (Tabela C.5)

Incêndio: Risco Normal

$$r_f = 0.01$$

8.5.2.34 Perigo Especial – Fator h_z (Tabela C.6)

Nível médio de pânico (por exemplo, estruturas designadas para eventos culturais ou esportivos com um número de participantes entre 100 e 1000 pessoas)

$$h_z = 5$$

8.5.2.35 P_a – Probabilidade de Descarga na estrutura causar ferimentos a seres vivos por choque

$$P_a = P_{ta} * P_b$$

$$P_a = 0.0002$$

8.5.2.36 L_1 – Perda de vida humana incluindo ferimento permanente

8.5.2.36.1 L_t

$$L_t = 0.01$$

8.5.2.36.2 D_2 – DANOS FÍSICOS – L_f (TABELA C.2)

Hospital, hotel, escola, edifício cívico

$$L_f = 0.1$$

8.5.2.36.3 D_3 – FALHAS DE SISTEMAS INTERNOS – L_o (TABELA C.2)

Outras partes de hospital

$$L_o = 0.001$$

8.5.2.36.4 L_a

$$L_a = r_t * L_t * (n_z / n_t) * (t_z / 8760)$$

$$L_a = 0.01325 * 10^{-4}$$

8.5.2.36.5 L_u

$$L_u = L_a = 0.01325 * 10^{-4}$$

8.5.2.36.6 L_e

$$L_e = 1.0 * (t_e / 8760)$$

$$L_e = 0.2968$$



8.5.2.36.7 LB

$$L_b = r_p * r_f * h_z * (L_f + L_e) * (n_z / n_t) * (t_z / 8760)$$

$$L_b = 0.00131$$

8.5.2.36.8 LV

$$L_v = L_b = 0.00131$$

8.5.2.36.9 LC

$$L_c = L_o * (n_z / n_t) * (t_z / 8760)$$

$$L_c = 0.00013$$

8.5.2.36.10 LM LW LZ

$$L_m = L_w = L_z = L_c = 0.00013$$

8.5.2.37 Riscos [R1] da Zona [Zona 2 - Prédio 1]

8.5.2.37.1 RA

$$R_a = N_d * P_a * L_a$$

$$R_a = 0.07405 * 0.0002 * 0.01325 * 10^{-4}$$

$$R_a = 0.01962 * 10^{-9}$$

8.5.2.37.2 RB

$$R_b = N_d * P_b * L_b$$

$$R_b = 0.07405 * 0.02 * 0.00131$$

$$R_b = 0.01947 * 10^{-4}$$

8.5.2.37.3 RU

$$R_u = (N_l + N_{dj}) * P_u * L_u$$

$$R_u = (0.00036 + 0) * 0.0002 * 0.01325 * 10^{-4}$$

$$R_u = 0.00954 * 10^{-11}$$

8.5.2.37.4 RUT

$$R_{ut} = (N_{lt} + N_{dj1}) * P_{ut} * L_u$$

$$R_{ut} = (0.09 + 0) * 0.0002 * 0.01325 * 10^{-4}$$

$$R_{ut} = 0.02385 * 10^{-9}$$

8.5.2.37.5 RV

$$R_v = (N_l + N_{dj}) * P_v * L_v$$

$$R_v = (0.00036 + 0) * 0.02 * 0.00131$$

$$R_v = 0.00946 * 10^{-6}$$



8.5.2.37.6 RVT

$$Rvt = (Nlt + Ndj1) * Pvt * Lv$$

$$Rvt = (0.09 + 0) * 0.02 * 0.00131$$

$$Rvt = 0.02366 * 10^{-4}$$

8.5.2.37.7 R1Z

$$R1z = Ra + Rb + Ru + Rv + Rut + Rvt$$

$$R1z = 0.01962 * 10^{-9} + 0.01947 * 10^{-4} + 0.00954 * 10^{-11} + 0.00946 * 10^{-6} + 0.02385 * 10^{-9} + 0.02366 * 10^{-4}$$

$$R1z = 0.432 \times 10^{-5}$$

8.5.3 Zona: Zona 3 - Prédio 2

8.5.3.1 Número de pessoas na Zona

$$nz = 125$$

8.5.3.2 Número total de pessoas na Estrutura

$$nt = 280$$

8.5.3.3 Tempo de presença das pessoas na Zona (h/ano)

$$tz = 2600$$

8.5.3.4 Tempo de presença das pessoas em locais perigosos fora da estrutura (h/ano)

$$te = 2600$$

8.5.3.5 L1 - Perda de vida humana incluindo ferimento permanente

Considerar

8.5.3.6 L2 - Perda inaceitável de serviço ao público

Desprezar

8.5.3.7 L3 - Perda inaceitável de patrimônio cultural

Desprezar

8.5.3.8 L4 - Perda econômica

Desprezar

8.5.3.9 Risco de Explosão / Hospitais

Não

8.5.3.10 Medidas de Proteção (descargas na linha) - Ptu (Tabela B.6)

Isolação elétrica

$$Ptu = 0.01$$



8.5.3.11 Ks2

$$Ks2 = 1$$

8.5.3.12 Nível de Proteção NP ENERGIA - Pspd (Tabela B.3)

DPS Classe II

$$Pspd = 0.02$$

8.5.3.13 Fiação Interna ENERGIA - Ks3 (Tabela B.5)

Cabo não blindado - preocupação no roteamento no sentido de evitar laços

Condutores em laço roteados em um mesmo cabo (área do laço $\sim 0,5 \text{ m}^2$)

$$Ks3 = 0.01$$

8.5.3.14 Nível de Proteção NP SINAL - Pspdt (Tabela B.3)

Nenhum sistema de DPS coordenado

$$Pspdt = 1$$

8.5.3.15 Fiação Interna SINAL - Ks3t (Tabela B.5)

Cabo não blindado - preocupação no roteamento no sentido de evitar grandes laços

Condutores em laço roteados em um mesmo eletroduto ou condutores em laço com diferentes roteamentos em edifícios pequenos (área do laço $\sim 10 \text{ m}^2$)

$$Ks3t = 0.2$$

8.5.3.16 Pc - Probabilidade de Descarga na Estrutura causar Danos em sistemas internos

$$Pc = Pspd * Cld$$

$$Pc = 0.02$$

8.5.3.17 Pct - Probabilidade de Descarga na Estrutura causar Danos em sistemas internos SINAL

$$Pct = Pspdt * Cldt$$

$$Pct = 1$$

8.5.3.18 Pms

$$Pms = (Ks1 * Ks2 * Ks3 * Ks4) ^ 2$$

$$Pms = 0.016 * 10 ^ {-3}$$

8.5.3.19 Pmst

$$Pmst = (Ks1 * Ks2 * Ks3t * Ks4t) ^ 2$$

$$Pmst = 0.01796$$

8.5.3.20 Pm - Probabilidade de Descarga perto da Estrutura causar Danos em sistemas internos

$$Pm = Pspd * Pms$$

$$Pm = 0.032 * 10 ^ {-5}$$



8.5.3.21 Pmt - Probabilidade de Descarga perto da Estrutura causar Danos em sistemas internos SINAL

$$Pmt = Pspdt * Pmst$$

$$Pm = 0.01796$$

8.5.3.22 Pu - Probabilidade de Descarga na linha causar ferimentos a seres vivos por choque

$$Pu = Ptu * Peb * Pld * Cld$$

$$Pu = 0.0002$$

8.5.3.23 Put - Probabilidade de Descarga na linha causar ferimentos a seres vivos por choque SINAL

$$Put = Ptu * Peb * Pldt * Cldt$$

$$Put = 0.0002$$

8.5.3.24 Pw - Probabilidade de Descarga na linha Causar falha de sistemas internos

$$Pw = Pspd * Pld * Cld$$

$$Pw = 0.02$$

8.5.3.25 Pwt - Probabilidade de Descarga na linha Causar falha de sistemas internos SINAL

$$Pwt = Pspdt * Pldt * Cldt$$

$$Pwt = 1$$

8.5.3.26 Pli

$$Pli \text{ para } Uw = 2.5 \text{ kV}$$

$$Pli = 0.3$$

8.5.3.27 Plit

$$Plit \text{ para } Uwt = 1.5 \text{ kV}$$

$$Plit = 0.5$$

8.5.3.28 Pz - Probabilidade de Descarga perto da linha Causar falha de sistemas internos

$$Pz = Pspd * Pli * Cli$$

$$Pz = 0$$

8.5.3.29 Pzt - Probabilidade de Descarga perto da linha Causar falha de sistemas internos SINAL

$$Pzt = Pspdt * Plit * Clit$$

$$Pzt = 0.05$$

8.5.3.30 Medidas de Proteção (descargas na estrutura) - Pta (Tabela B.1)

Isolação elétrica (por exemplo, de pelo menos 3mm de polietileno reticulado das partes expostas (por exemplo, condutores de descidas))

$$Pta = 0.01$$



8.5.3.31 Tipo de superfície do solo ou piso – Fator de redução r_t (Tabela C.3)

Mármore, cerâmica (Resistência de contato entre 1 e 10 ohms)

$$r_t = 0.001$$

8.5.3.32 Providências para reduzir consequências de incêndio – Fator de redução r_p (Tabela C.4)

Uma das seguintes providências: extintores, instalações fixas operadas manualmente, instalações de alarme manuais, hidrantes, compartimentos à prova de fogo, rotas de escape

$$r_p = 0.5$$

8.5.3.33 Risco de incêndio ou explosão na estrutura – Fator de redução r_f (Tabela C.5)

Incêndio: Risco Normal

$$r_f = 0.01$$

8.5.3.34 Perigo Especial – Fator h_z (Tabela C.6)

Nível médio de pânico (por exemplo, estruturas designadas para eventos culturais ou esportivos com um número de participantes entre 100 e 1000 pessoas)

$$h_z = 5$$

8.5.3.35 P_a – Probabilidade de Descarga na estrutura causar ferimentos a seres vivos por choque

$$P_a = P_{ta} * P_b$$

$$P_a = 0.0002$$

8.5.3.36 L_1 – Perda de vida humana incluindo ferimento permanente

8.5.3.36.1 L_T

$$L_t = 0.01$$

8.5.3.36.2 D_2 – DANOS FÍSICOS – L_F (TABELA C.2)

Hospital, hotel, escola, edifício cívico

$$L_f = 0.1$$

8.5.3.36.3 D_3 – FALHAS DE SISTEMAS INTERNOS – L_O (TABELA C.2)

Outras partes de hospital

$$L_o = 0.001$$

8.5.3.36.4 L_A

$$L_a = r_t * L_t * (n_z / n_t) * (t_z / 8760)$$

$$L_a = 0.01325 * 10^{-4}$$

8.5.3.36.5 L_U

$$L_u = L_a = 0.01325 * 10^{-4}$$



8.5.3.36.6 LE

$$Le = 1.0 * (te / 8760)$$

$$Le = 0.2968$$

8.5.3.36.7 LB

$$Lb = rp * rf * hz * (Lf + Le) * (nz / nt) * (tz / 8760)$$

$$Lb = 0.00131$$

8.5.3.36.8 LV

$$Lv = Lb = 0.00131$$

8.5.3.36.9 LC

$$Lc = Lo * (nz / nt) * (tz / 8760)$$

$$Lc = 0.00013$$

8.5.3.36.10 LM LW LZ

$$Lm = Lw = Lz = Lc = 0.00013$$

8.5.3.37 Riscos [R1] da Zona [Zona 3 - Prédio 2]

8.5.3.37.1 RA

$$Ra = Nd * Pa * La$$

$$Ra = 0.07405 * 0.0002 * 0.01325 * 10^{-4}$$

$$Ra = 0.01962 * 10^{-9}$$

8.5.3.37.2 RB

$$Rb = Nd * Pb * Lb$$

$$Rb = 0.07405 * 0.02 * 0.00131$$

$$Rb = 0.01947 * 10^{-4}$$

8.5.3.37.3 RU

$$Ru = (NI + Ndj) * Pu * Lu$$

$$Ru = (0.00036 + 0) * 0.0002 * 0.01325 * 10^{-4}$$

$$Ru = 0.00954 * 10^{-11}$$

8.5.3.37.4 RUT

$$Rut = (NIt + Ndj1) * Put * Lu$$

$$Rut = (0.09 + 0) * 0.0002 * 0.01325 * 10^{-4}$$

$$Rut = 0.02385 * 10^{-9}$$



8.5.3.37.5 RV

$$R_v = (N_i + N_{dj}) * P_v * L_v$$

$$R_v = (0.00036 + 0) * 0.02 * 0.00131$$

$$R_v = 0.00946 * 10^{-6}$$

8.5.3.37.6 RVT

$$R_{vt} = (N_{it} + N_{dj1}) * P_{vt} * L_v$$

$$R_{vt} = (0.09 + 0) * 0.02 * 0.00131$$

$$R_{vt} = 0.02366 * 10^{-4}$$

8.5.3.37.7 R1Z

$$R_{1z} = R_a + R_b + R_u + R_v + R_{ut} + R_{vt}$$

$$R_{1z} = 0.01962 * 10^{-9} + 0.01947 * 10^{-4} + 0.00954 * 10^{-11} + 0.00946 * 10^{-6} + 0.02385 * 10^{-9} + 0.02366 * 10^{-4}$$

$$R_{1z} = 0.432 * 10^{-5}$$

8.5.4 Zona: Zona 4 - Cabine/Anexo

8.5.4.1 Número de pessoas na Zona

$$n_z = 20$$

8.5.4.2 Número total de pessoas na Estrutura

$$n_t = 280$$

8.5.4.3 Tempo de presença das pessoas na Zona (h/ano)

$$t_z = 2600$$

8.5.4.4 Tempo de presença das pessoas em locais perigosos fora da estrutura (h/ano)

$$t_e = 2600$$

8.5.4.5 L1 - Perda de vida humana incluindo ferimento permanente

Considerar

8.5.4.6 L2 - Perda inaceitável de serviço ao público

Desprezar

8.5.4.7 L3 - Perda inaceitável de patrimônio cultural

Desprezar

8.5.4.8 L4 - Perda econômica

Desprezar



8.5.4.9 Risco de Explosão / Hospitais

Não

8.5.4.10 Medidas de Proteção (descargas na linha) - Ptu (Tabela B.6)

Isolação elétrica

$$Ptu = 0.01$$

8.5.4.11 Ks2

$$Ks2 = 1$$

8.5.4.12 Nível de Proteção NP ENERGIA - Pspd (Tabela B.3)

DPS Classe II

$$Pspd = 0.02$$

8.5.4.13 Fiação Interna ENERGIA - Ks3 (Tabela B.5)

Cabo não blindado - preocupação no roteamento no sentido de evitar laços

Condutores em laço roteados em um mesmo cabo (área do laço $\sim 0,5 \text{ m}^2$)

$$Ks3 = 0.01$$

8.5.4.14 Nível de Proteção NP SINAL - Pspdt (Tabela B.3)

Nenhum sistema de DPS coordenado

$$Pspdt = 1$$

8.5.4.15 Fiação Interna SINAL - Ks3t (Tabela B.5)

Cabo não blindado - preocupação no roteamento no sentido de evitar grandes laços

Condutores em laço roteados em um mesmo eletroduto ou condutores em

laço com diferentes roteamentos em edifícios pequenos (área do laço $\sim 10 \text{ m}^2$)

$$Ks3t = 0.2$$

8.5.4.16 Pc - Probabilidade de Descarga na Estrutura causar Danos em sistemas internos

$$Pc = Pspd * Cld$$

$$Pc = 0.02$$

8.5.4.17 Pct - Probabilidade de Descarga na Estrutura causar Danos em sistemas internos SINAL

$$Pct = Pspdt * Cldt$$

$$Pct = 1$$

8.5.4.18 Pms

$$Pms = (Ks1 * Ks2 * Ks3 * Ks4) ^ 2$$

$$Pms = 0.016 * 10 ^ {-3}$$



8.5.4.19 Pmst

$$P_{mst} = (K_{s1} * K_{s2} * K_{s3t} * K_{s4t})^2$$

$$P_{mst} = 0.01796$$

8.5.4.20 Pm - Probabilidade de Descarga perto da Estrutura causar Danos em sistemas internos

$$P_m = P_{spd} * P_{ms}$$

$$P_m = 0.032 * 10^{-5}$$

8.5.4.21 Pmt - Probabilidade de Descarga perto da Estrutura causar Danos em sistemas internos SINAL

$$P_{mt} = P_{spdt} * P_{mst}$$

$$P_m = 0.01796$$

8.5.4.22 Pu - Probabilidade de Descarga na linha causar ferimentos a seres vivos por choque

$$P_u = P_{tu} * P_{eb} * P_{ld} * C_{ld}$$

$$P_u = 0.0002$$

8.5.4.23 Put - Probabilidade de Descarga na linha causar ferimentos a seres vivos por choque SINAL

$$P_{ut} = P_{tu} * P_{eb} * P_{ldt} * C_{ldt}$$

$$P_{ut} = 0.0002$$

8.5.4.24 Pw - Probabilidade de Descarga na linha Causar falha de sistemas internos

$$P_w = P_{spd} * P_{ld} * C_{ld}$$

$$P_w = 0.02$$

8.5.4.25 Pwt - Probabilidade de Descarga na linha Causar falha de sistemas internos SINAL

$$P_{wt} = P_{spdt} * P_{ldt} * C_{ldt}$$

$$P_{wt} = 1$$

8.5.4.26 Pli

$$P_{li} \text{ para } U_w = 2.5 \text{ kV}$$

$$P_{li} = 0.3$$

8.5.4.27 Plit

$$P_{lit} \text{ para } U_{wt} = 1.5 \text{ kV}$$

$$P_{lit} = 0.5$$

8.5.4.28 Pz - Probabilidade de Descarga perto da linha Causar falha de sistemas internos

$$P_z = P_{spd} * P_{li} * C_{li}$$

$$P_z = 0$$



8.5.4.29 Pzt - Probabilidade de Descarga perto da linha Causar falha de sistemas internos SINAL

$$Pzt = Pspdt * Plit * Clit$$

$$Pzt = 0.05$$

8.5.4.30 Medidas de Proteção (descargas na estrutura) - Pta (Tabela B.1)

Isolação elétrica (por exemplo, de pelo menos 3mm de polietileno reticulado das partes expostas (por exemplo, condutores de descidas))

$$Pta = 0.01$$

8.5.4.31 Tipo de superfície do solo ou piso - Fator de redução r_t (Tabela C.3)

Agricultura, concreto (Resistência de contato ≤ 1 ohm)

$$r_t = 0.01$$

8.5.4.32 Providências para reduzir consequências de incêndio - Fator de redução r_p (Tabela C.4)

Uma das seguintes providências: extintores, instalações fixas operadas manualmente, instalações de alarme manuais, hidrantes. compartimentos à prova de fogo, rotas de escape

$$r_p = 0.5$$

8.5.4.33 Risco de incêndio ou explosão na estrutura - Fator de redução r_f (Tabela C.5)

Incêndio: Risco Normal

$$r_f = 0.01$$

8.5.4.34 Perigo Especial - Fator h_z (Tabela C.6)

Baixo nível de pânico (por exemplo, uma estrutura limitada a dois andares e número de pessoas não superior a 100)

$$h_z = 2$$

8.5.4.35 P_a - Probabilidade de Descarga na estrutura causar ferimentos a seres vivos por choque

$$P_a = P_{ta} * P_b$$

$$P_a = 0.0002$$

8.5.4.36 L_1 - Perda de vida humana incluindo ferimento permanente

8.5.4.36.1 L_t

$$L_t = 0.01$$

8.5.4.36.2 D_2 - DANOS FÍSICOS - L_f (TABELA C.2)

Hospital, hotel, escola, edifício cívico

$$L_f = 0.1$$



8.5.4.36.3 D3 - FALHAS DE SISTEMAS INTERNOS - LO (TABELA C.2)

Outras partes de hospital

$$Lo = 0.001$$

8.5.4.36.4 LA

$$La = rt * Lt * (nz / nt) * (tz / 8760)$$

$$La = 0.0212 * 10^{-4}$$

8.5.4.36.5 LU

$$Lu = La = 0.0212 * 10^{-4}$$

8.5.4.36.6 LE

$$Le = 1.0 * (te / 8760)$$

$$Le = 0.2968$$

8.5.4.36.7 LB

$$Lb = rp * rf * hz * (Lf + Le) * (nz / nt) * (tz / 8760)$$

$$Lb = 0.00008$$

8.5.4.36.8 LV

$$Lv = Lb = 0.00008$$

8.5.4.36.9 LC

$$Lc = Lo * (nz / nt) * (tz / 8760)$$

$$Lc = 0.0212 * 10^{-3}$$

8.5.4.36.10 LM LW LZ

$$Lm = Lw = Lz = Lc = 0.0212 * 10^{-3}$$

8.5.4.37 Riscos [R1] da Zona [Zona 4 - Cabine/Anexo]

8.5.4.37.1 RA

$$Ra = Nd * Pa * La$$

$$Ra = 0.07405 * 0.0002 * 0.0212 * 10^{-4}$$

$$Ra = 0.0314 * 10^{-9}$$

8.5.4.37.2 RB

$$Rb = Nd * Pb * Lb$$

$$Rb = 0.07405 * 0.02 * 0.00008$$

$$Rb = 0.01246 * 10^{-5}$$



8.5.4.37.3 RU

$$R_u = (N_l + N_{dj}) * P_u * L_u$$

$$R_u = (0.00036 + 0) * 0.0002 * 0.0212 * 10^{-4}$$

$$R_u = 0.01526 * 10^{-11}$$

8.5.4.37.4 RUT

$$R_{ut} = (N_{lt} + N_{dj1}) * P_{ut} * L_u$$

$$R_{ut} = (0.09 + 0) * 0.0002 * 0.0212 * 10^{-4}$$

$$R_{ut} = 0.03816 * 10^{-9}$$

8.5.4.37.5 RV

$$R_v = (N_l + N_{dj}) * P_v * L_v$$

$$R_v = (0.00036 + 0) * 0.02 * 0.00008$$

$$R_v = 0.00606 * 10^{-7}$$

8.5.4.37.6 RVT

$$R_{vt} = (N_{lt} + N_{dj1}) * P_{vt} * L_v$$

$$R_{vt} = (0.09 + 0) * 0.02 * 0.00008$$

$$R_{vt} = 0.01514 * 10^{-5}$$

8.5.4.37.7 R1Z

$$R_{1z} = R_a + R_b + R_u + R_v + R_{ut} + R_{vt}$$

$$R_{1z} = 0.0314 * 10^{-9} + 0.01246 * 10^{-5} + 0.01526 * 10^{-11} + 0.00606 * 10^{-7} + 0.03816 * 10^{-9} + 0.01514 * 10^{-5}$$

$$R_{1z} = 0.0277 \times 10^{-5}$$

8.6 RISCO TOTAL

8.6.1 R1

$$R_a + R_b = 0.402 \times 10^{-5}$$

$$R_1 = 0.892 \times 10^{-5}$$

$$R_{t1} = 1 \times 10^{-5}$$

$$R_1 \leq R_{t1}$$

$$(R_a + R_b) \leq R_{t1}$$

[OK]

8.6.2 Estrutura Protegida.

$$R_1 \leq R_{t1}$$



8.7 NÍVEL DE PROTEÇÃO ADOTADA: I

8.8 MÉTODO UTILIZADO

8.8.1 Malha ou da Gaiola de Faraday

Módulos da malha [Nível de Proteção I]

Afastamento máximo da Malha = 5x5 m

8.9 CÁLCULO DO NÚMERO DE DESCIDAS [N]

Área = 2542 m².

Altura = 13.8 m.

Perímetro = 206 m.

Cantos Salientes da Estrutura = 12

Nível de Proteção I: Espaçamento médio = 10m

$N = \text{Perímetro} / 10\text{m} + (\text{número de cantos salientes})$ [N = 33] para Nível de Proteção: I

$N = \text{Altura} / 10\text{m} + (\text{número de cantos salientes})$ | $N = 13.8 / 10 + 12$ | $N = 14$

$N \geq 2$ (Para descidas não naturais)

N = 45 descidas.

8.10 CÁLCULO DO COMPRIMENTO DO CONDUTOR ENTERRADO HORIZONTALMENTE

Condutor enterrado horizontalmente

$r = 500 \text{ ohms.m}$ [resistividade do solo]

$R = 3.97 \text{ ohms}$ [Resistência de aterramento]

$L = \text{Comprimento do Condutor Horizontal enterrado em (m)}$

$$L = (2 * r) / R$$

$$L = (2 * 500) / 3.97$$

$$L = 251.89 \text{ m}$$

$$I_1(\text{min}) = 5 \text{ m}$$



Coordenadoria de Projetos – FEC - Unicamp
Av. Albert Einstein, 951, Cidade Universitária Zeferino Vaz,
Campinas, SP CEP 13083-852
Telefone +55 (19) 3521 2312
cproj@fec.unicamp.br

$L = 251.89 \text{ m}$

$Re = 32.79 \text{ m}$ [Raio médio da área abrangida pelos eletrodos]

Comprimento Adicional [$Re \geq l_1$][OK]

8.11 ANÉIS HORIZONTAIS DE INTERLIGAÇÃO DAS DESCIDAS

Instalação de 1 Anel horizontal de aterramento enterrado

Altura: $13.8\text{m} > 10\text{m}$

Instalação de 1 anel horizontal intermediário.

Espaçamento vertical = 6.9m

8.12 SEÇÕES MÍNIMAS

8.12.1 Condutores de Captação, Hastes Captoras e Condutores de Descidas

Alumínio - Fita maciça 70mm^2 Espessura 3 mm

8.12.2 Eletrodo de Aterramento

Cobre - Encordoado - 50 mm^2 - Diâmetro de cada fio - cordoalha 3 mm

9 INSTALAÇÕES E SERVIÇOS:

O projeto completo busca garantir a proteção da edificação, para melhor dimensionamento do SPDA foram utilizados os métodos de Eletrogeométrico (esfera rolante) e Gaiola de Faraday e o sistema todo será dividido em 3 subsistemas o de Captação, de Descida e de Aterramento.

O sistema de Captação será composto por um terminais aéreos de $0,60\text{m}$ instalados nos vértices do prédio e interligados por fitas de alumínio de $7/8'' \times 1/8''$, conectadas entre si por parafusos porcas e arruelas de aço inox, dispostas por todo o perímetro da edificação, Essas fitas de alumínio deverão ser coladas diretamente nos rufos e telhas da cobertura com adesivo estrutural Compound de alta resistência e aderência utilizando fixador colável de 60 mm , evitando furos nas chapas e consequentemente o aparecimento de infiltrações e ferrugem.

As descidas, em número mínimo de 45, serão em fitas de alumínio de $7/8'' \times 1/8''$ e devidamente fixados diretamente nas paredes por meio de parafusos de aço inox, auto-atarraxantes e buchas de nylon.

Nos locais onde houver possibilidade de contato com pessoas, os cabos de descida deverão estar protegidos por eletrodutos de PVC rígido roscável preto de $1''$ de diâmetro e $3,0\text{m}$ de comprimento com parede de 3mm , devendo o topo dos eletrodutos estarem instalados no mínimo a $3,0\text{m}$ do piso acabado. Nesses eletrodutos e a $1,5\text{m}$ do chão deverão ser instaladas luvas de medição com 04 parafusos ou terminais de compressão para cabo $\#35\text{mm}^2$ em caixas de inspeção.

O sistema de Aterramento será formado por cabos de cobre nu $\#50\text{mm}^2$ com 90% de pureza e enterradas em valas de solo natural com profundidade mínima de 50cm e afastadas a uma distância mínima de $1,0\text{m}$ das fundações da estrutura e interligado a malha do sistema de aterramento existente.



Ao final de cada descida serão instaladas “hastes cooperweld” de 5/8”x 2,4m revestidas de cobre por processo eletrolítico e interligadas a malha de aterramento por meio de solda exotérmica. Nos locais indicados em projeto as hastes de aterramento deverão ser instaladas em poço de medição tipo tubo de pvc de 30 cm de diâmetro e no mínimo 30 cm de comprimento, com tampa estável a passagem de pessoas e de fácil manuseio permitindo acesso às conexões através de ferramentas apropriadas.

É existente a malha de aterramento da cabine de entrada de energia elétrica e a barra de equalização de potencial (BEP), instalada na área técnica do Quadro Geral de Baixa Tensão.

A malha de aterramento a ser construída deverá ser interligada a malha de aterramento existente conforme projeto.

O sistema deverá contar ainda com duas barras de equalização de potencial (BEP/BEL), instalada na área técnica dos Quadros de Distribuição Gerais, onde todos os sistemas de aterramento deverão estar devidamente identificados e conectados através de terminais de pressão compatíveis com suas bitolas.

Todas as estruturas metálicas existentes nas coberturas da edificação (antenas, escadas, telhas metálicas, chaminés, rufos, calhas, etc.) deverão ser equipotencializados no ponto mais próximo do sistema de captação para escoamento de alguma possível descarga.

Caso não forem seguidas orientações técnicas e dimensionamentos contidos nesse projeto, nos reservamos ao direito de não nos responsabilizarmos por eventuais danos e falhas que porventura venham acontecer.

9.1 DISTÂNCIA DE SEGURANÇA

$$s = \frac{k_i}{k_m} \cdot k_c \cdot l \qquad s = \frac{0,08}{0,50} \cdot 0,44 \cdot 10,8 \qquad s = 0,7632 \, m$$



10 PLANILHA ORIENTATIVA DE MATERIAIS

10.1 LISTA DE MATERIAIS E SERVIÇOS

PLANILHA DE MATERIAIS			
Qtd	Descrição	Marca	Modelo
545 m	Retirada de elementos de instalações elétricas do SPDA, existente, com aplicação de Veda Trica ou Veda Laje Flexível, resistente a raios UV nos buracos das buchas, conforme projeto.		
545 m	Remoção de rufo		
545 m	Rufo liso de aço galvanizado, com pintura eletrostática a pó ou coil-coating na cor branca e=0,65mm, corte até 300mm, com suportes, conexões e acessórios.		
745 m	Cabo de cobre nu 50mm ²		Cobre nu 50mm ²
60 m	Cabo de cobre nu 35mm ²		Cobre nu 35mm ²
30 m	Cabo de cobre nu 16mm ²		Cobre nu 16mm ²
50 pç	Terminal de compressão estanhado um furo 50mm ²	Termotécnica ou com desempenho técnico equivalente	Ref. TEL-5150
100 pç	Terminal de compressão estanhado um furo 35mm ²	Termotécnica ou com desempenho técnico equivalente	Ref. TEL-5135
50 pç	Terminal de compressão estanhado um furo 16mm ²	Termotécnica ou com desempenho técnico equivalente	Ref. TEL-5116
05 pç	Conector de Pressão tipo Split-Bolt em liga de cobre, 50mm ²	Termotécnica ou com desempenho técnico equivalente	Ref. TEL-5018
1122 m	Barra chata de alumínio 7/8" x 1/8", com furos de Ø7 mm, com suportes, acessórios e conexões, completo conforme projeto.	Termotécnica ou com desempenho técnico equivalente	Ref. TEL-771
99 pç	Minicaptor em Barra Chata de Alumínio, 7/8" x 1/8" x 600 mm, com acessórios e fixações.	Termotécnica ou com desempenho técnico equivalente	Ref. TEL-940
187 pç	Curva 90° de Barra Chata em Alumínio, 7/8" x 1/8" x 300 mm (70mm ²) com suportes, acessórios e conexões, completo conforme projeto.	Termotécnica ou com desempenho técnico equivalente	Ref. TEL-778



Coordenadoria de Projetos – FEC – Unicamp
Av. Albert Einstein, 951, Cidade Universitária Zeferino Vaz,
Campinas, SP CEP 13083-852
Telefone +55 (19) 3521 2312
cproj@fec.unicamp.br

30 pç	Curva 90° Horizontal de Barra Chata em Alumínio, 7/8" x 1/8" x 300mm (70mm ²) com suportes, acessórios e conexões, completo conforme projeto.	Termotécnica ou com desempenho técnico equivalente	Ref. TEL-781
02 pç	Barramento de Equipotencialização (BEP/BEL) com 18 furos 8,5mm, com suporte, conexões e acessórios.	Termotécnica ou com desempenho técnico equivalente	Ref. TEL-933
1089 pç	Suporte fixador colável Ø60mm com parafuso inox Ø 1/4" e porca.	Termotécnica ou com desempenho técnico equivalente	Ref. TEL-756
45 pç	Eletroduto PVC roscável 1" x 3m parede 3mm, com suporte, conexões e acessórios.	Tigre ou com desempenho técnico equivalente	1" x 3m
45 pç	Condutele metálico 1" tipo C, com tampa, suporte, conexões e acessórios.		
45 pç	Placa de Advertência Risco De Choque Elétrico	Termotécnica ou com desempenho técnico equivalente	REF.:TEL-5910
44 pç	Conector de Medição em Latão com 4 Parafusos, para Cabos de cobre / aço cobreado 35-70mm ²	Termotécnica ou com desempenho técnico equivalente	REF.:TEL-560
169 pç	Abraçadeira Tipo D com Cunha, Ø 1" (DN 32)	Termotécnica ou com desempenho técnico equivalente	Ref. TEL-095
08 pç	Abraçadeiras Galvanizadas a Fogo h=20 cm	Termotécnica ou com desempenho técnico equivalente	Ref. TEL-122
47 pç	Haste alta camada cobre (254 microns) 5/8" x 2,4m, com suporte, conexões e acessórios.	Termotécnica ou com desempenho técnico equivalente	REF.:TEL-5814
03 pç	Caixa de inspeção para instalação de Haste, Ø300mm, com tampa de ferro fundido reforçada.	Termotécnica ou com desempenho técnico equivalente	REF.:TEL-552
108 pç	Solda exotérmica conexão cabo-haste em T, bitola do cabo de 50mm ² para haste de 5/8", cartucho N°115, com suporte, conexões e acessórios.	Termotécnica ou com desempenho técnico equivalente	
05 pç	Solda exotérmica, para ligação de cabos de em T 50x50mm ² , cartucho N°90, com suporte, conexões e acessórios.	Termotécnica ou com desempenho técnico equivalente	
750 pç	Parafuso Autoatarrachante em Aço Inox, Ø4,2 x 32mm, fornecido com bucha de nylon	Termotécnica ou com desempenho técnico equivalente	TEL-5333
1100 pç	Parafuso Cabeça Chata, Ø1/4" x 7/8", fornecido com porca sextavada	Termotécnica ou com desempenho técnico equivalente	TEL-5322



Coordenadoria de Projetos – FEC - Unicamp
Av. Albert Einstein, 951, Cidade Universitária Zeferino Vaz,
Campinas, SP CEP 13083-852
Telefone +55 (19) 3521 2312
cproj@fec.unicamp.br

300 pç	Parafusos Cabeça Chata, Ø1/4" x 5/8", fornecido com porca sextavada	Termotécnica ou com desempenho técnico equivalente	TEL-5321
10 pç	Presilha em Latão, furo Ø 5mm, largura 15mm, para cabos de cobre ou aço 35–50mm ²	Termotécnica ou com desempenho técnico equivalente	Ref. TEL-744
17 kg	Adesivo estrutural COMPOUND	VEDACIT ou com desempenho técnico equivalente	
10 pç	Veda trinca acrílico 300 ml		

Eng. José Roberto Marini
CREA 5061923518
Matr. 301460