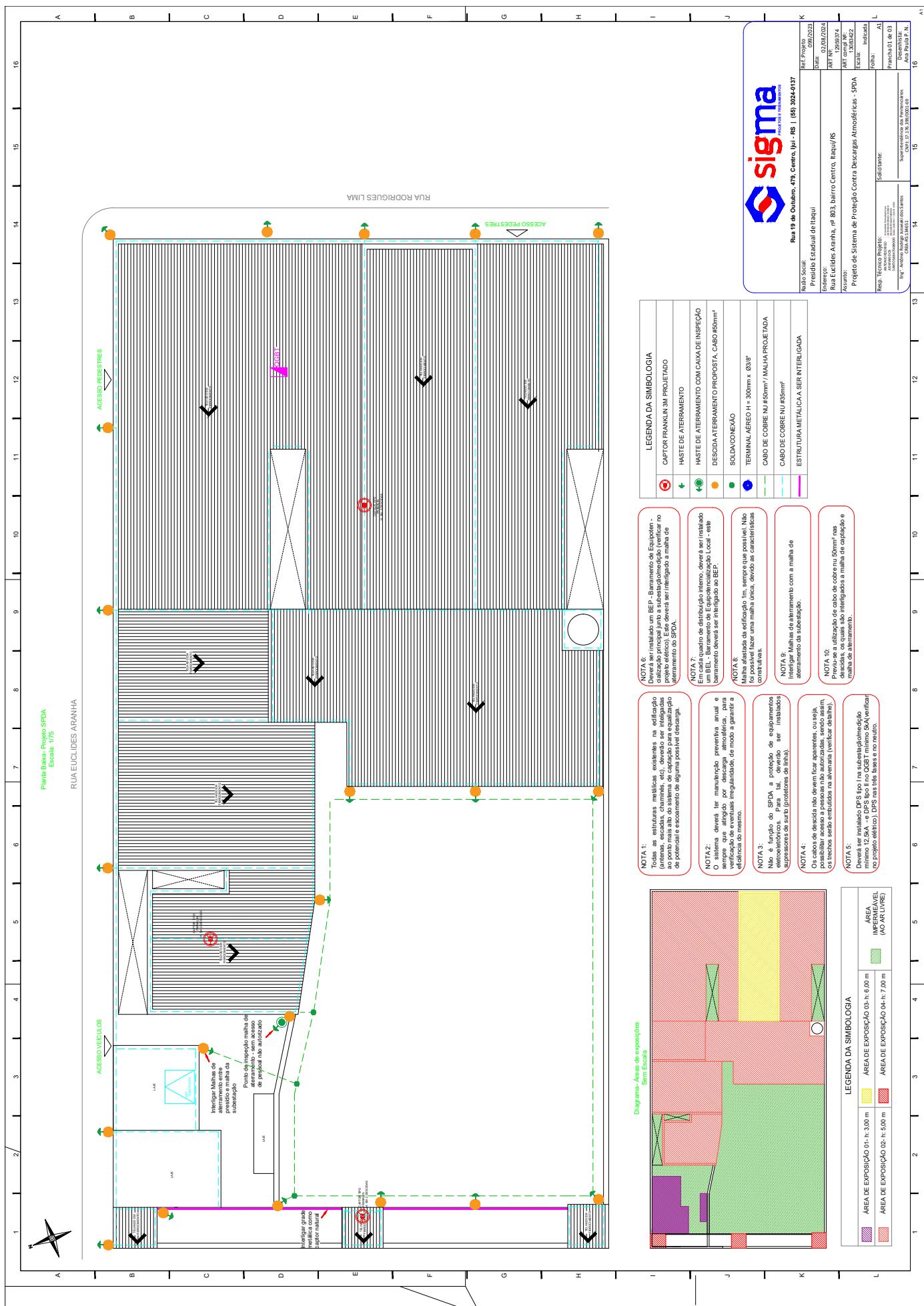
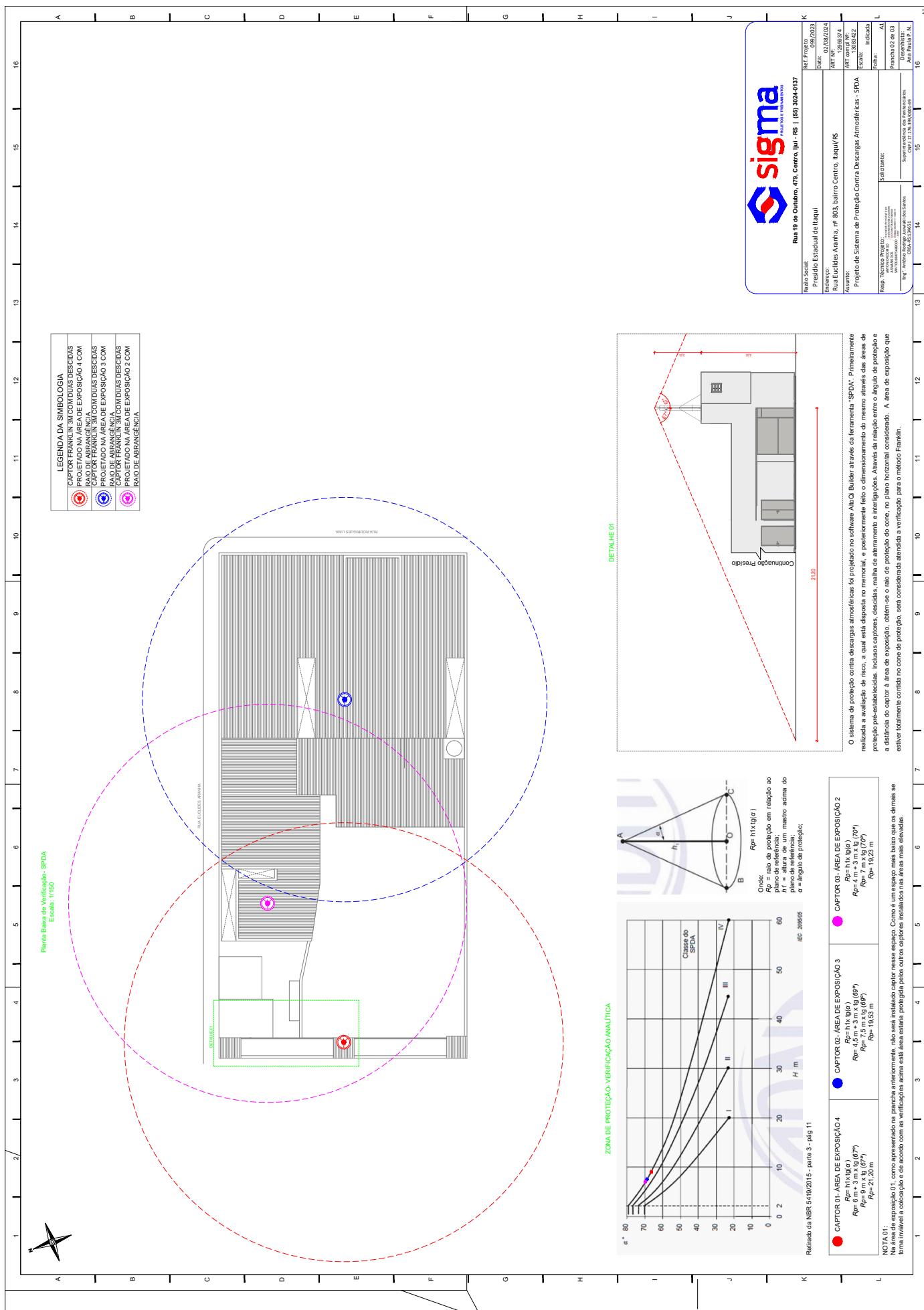
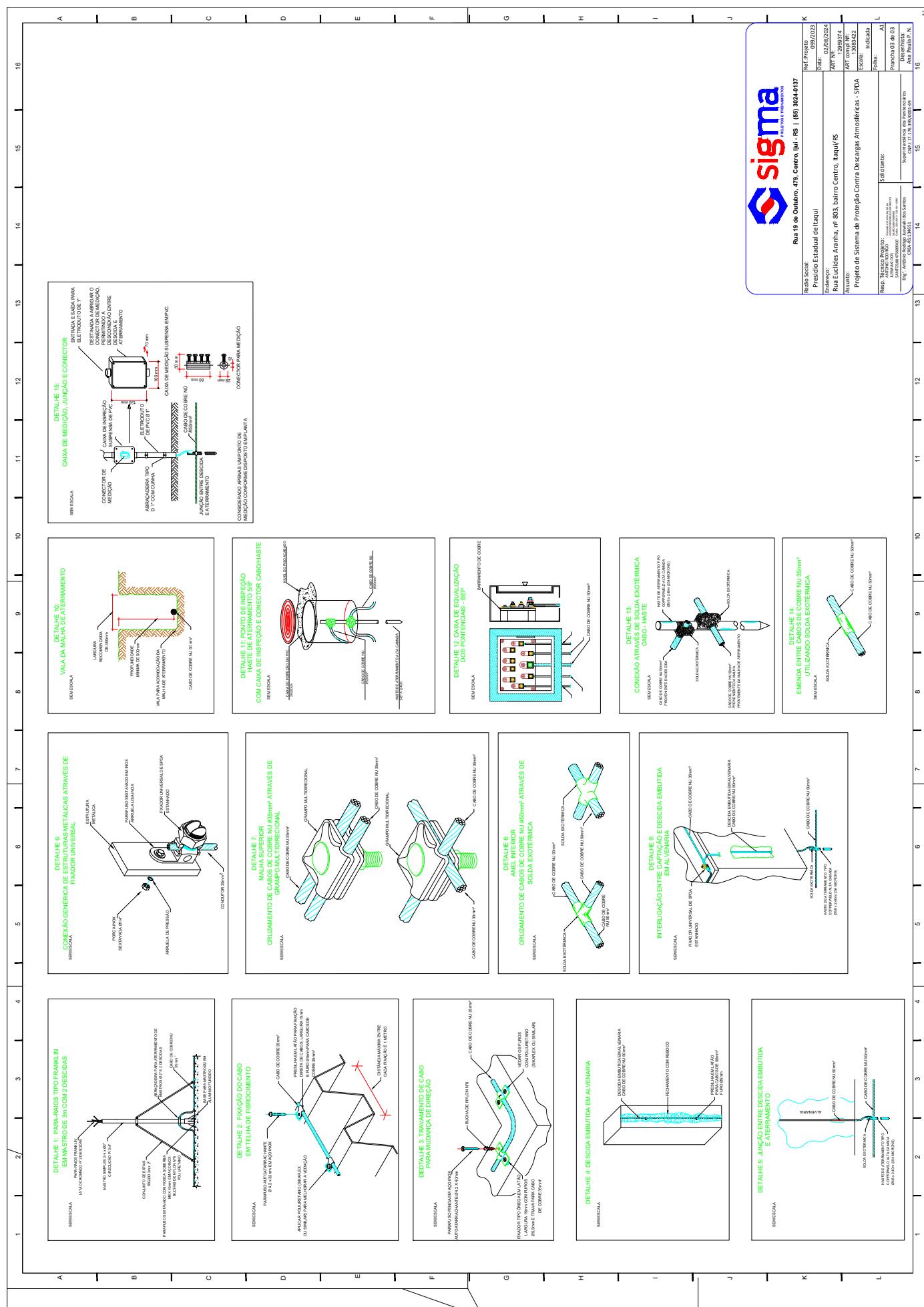




20060200041943







Projeto de Implementação

Rua 19 de Outubro, 478, Centro, Juiz de Fora - MG - (32) 3202-0137

Nº do Projeto: 00000000000000000000000000000000

Data: 01/05/2023

ART: 123456789

Art. comp.: 123456789

Assunto: Projeto de Sistema de Proteção Contra Descargas Atmosféricas - SPD

Escala: Indicada

Tela: 3

Franquia de 03

Descrição: Superproteção do ambiente

CNPJ: 37.123.123/0001-09

Av. Paulista, 16



SIGMA PROJETOS E TREINAMENTOS – EPP
CNPJ: 19.780.730/0001-80
CREA-RS: 212309

MEMORIAL TÉCNICO DESCRIPTIVO DO SISTEMA DE PROTEÇÃO CONTRA DESCARGAS ATMOSFÉRICAS - SPDA

PRESÍDIO ESTADUAL DE ITAQUI
Itaqui - RS



SETEMBRO/ 2024

Antônio Rodrigo Juswiaki dos Santos
Eng. Eletricista e de Seg. do Trabalho
CREA – RS: 134651

RUA 19 DE OUTUBRO, N° 479 – CENTRO – IJUÍ/RS – CEP: 98700-000
Fone: (55) 3024-0137 E-mail: administrativo@sigmaitui.com.br



SIGMA PROJETOS E TREINAMENTOS – EPP
CNPJ: 19.780.730/0001-80
CREA-RS: 212309

ART Nº 13083422

1. OBJETIVO DA OBRA

Este memorial tem por objetivo detalhar a construção, instalação, manutenção e características funcionais do sistema de aterramento e do sistema de proteção contra descargas atmosféricas (SPDA), do Presídio Estadual de Itaqui, localizado na Rua Euclides Aranha, número 803, centro, em Itaqui – RS.

2. REFERÊNCIA NORMATIVA

O sistema foi projetado seguindo as diretrizes normativas das seguintes Normas Técnicas:

- ABNT NBR 5410/2004 - 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.

3. CONSIDERAÇÕES GERAIS SOBRE O SISTEMA DE PROTEÇÃO CONTRA DESCARGAS ATMOSFÉRICAS

A fim de se evitar falsas expectativas sobre o sistema de proteção, é necessário fazer os seguintes esclarecimentos:

- A descarga elétrica atmosférica (raio) é um fenômeno da natureza absolutamente imprevisível e aleatório, tanto em relação às suas características elétricas (intensidade de corrente e tempo de duração), como em relação aos efeitos destruidores decorrentes de sua incidência sobre as edificações;
- Nada em termos práticos pode ser feito para se impedir a "queda" de uma descarga em determinada região. Não existe "atração" a longas distâncias, sendo os sistemas prioritariamente receptores. Assim sendo, as soluções

internacionalmente aplicadas buscam tão somente minimizar os efeitos destruidores a partir da colocação de pontos preferenciais de captação e condução segura da descarga para a terra;

- A implantação e manutenção de sistemas de proteção (para-raios) é normalizada internacionalmente pela IEC (International Electrotechnical Commission) e em cada país por entidades próprias como a ABNT (Brasil), NFPA (Estados Unidos) e BSI (Inglaterra);
- Somente os projetos elaborados com base em disposições destas normas podem assegurar uma instalação dita eficiente e confiável. Entretanto, esta eficiência nunca atingirá os 100 % estando, mesmo estas instalações, sujeitas a falhas de proteção. As mais comuns são a destruição de pequenos trechos do revestimento das fachadas de edifícios ou de quinas da edificação ou ainda de trechos de telhados;
- Não é função do sistema de para-raios proteger equipamentos eletrônicos, pois mesmo uma descarga captada e conduzida a terra com segurança, produz forte interferência eletromagnética, capaz de danificar estes equipamentos. Para sua proteção, deverão ser instalados dispositivos de proteção contra surtos (DPS);
- Os sistemas implantados de acordo com a Norma visam à proteção da estrutura das edificações contra as descargas que a atinjam de forma direta, tendo a NBR-5419 da ABNT como norma básica;
- É de fundamental importância que após a instalação haja uma manutenção periódica anual a fim de se garantir a confiabilidade do sistema. São também recomendadas vistorias preventivas após reformas que possam alterar o sistema e toda vez que a edificação for atingida por descarga direta;
- A execução deste projeto deverá ser feita por pessoal especializado.

4. DEFINIÇÕES

Descarga Atmosférica – Descarga elétrica de origem atmosférica entre uma nuvem e aterra ou entre nuvens, constituindo em um ou mais impulsos;

Raio – Um dos impulsos elétricos de uma descarga;



SIGMA PROJETOS E TREINAMENTOS – EPP
CNPJ: 19.780.730/0001-80
CREA-RS: 212309

Ponto de impacto – Ponto onde uma descarga atmosférica atinge a terra, uma estrutura ou o sistema de proteção captor;

Eletrodo de aterramento – Elemento ou conjunto de elementos do subsistema de aterramento que assegura o contato elétrico com o solo e dispersa a corrente de descarga atmosférica a terra;

Eletrodo de aterramento em anel ou malha de aterramento – Eletrodo de aterramento formando um anel fechado em volta da edificação ou estrutura;

Descida – Parte do SPDA destinada a conduzir a corrente de descarga atmosférica desde o sistema captor até a malha de aterramento;

Captor – Componente pontiagudo instalado no topo da edificação, destinado a interceptar as descargas atmosféricas;

BEP – Barramento equipotencial de potência;

DPS – Dispositivo de proteção de surto destinado a limitar as sobretensões transitórias.

5. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

5.1. Tipo de proteção utilizada

O tipo de proteção dimensionado foi o Método do ângulo de proteção (Franklin), classe de proteção IV, conforme memorial de cálculo e verificação realizada no software AltoQi Builder.

5.2. Distância média entre descidas

Foram dimensionados captores respeitando a distância máxima de até 20 metros (de acordo com a classe de proteção do SPDA), fixados ao conceito por meio de presilhas de um em um metro. Toda a parte metálica deve ser aterrada mantendo a equipotencialidade e a capacidade de condução de corrente à terra.

5.3. Tipo de Captação

O sistema de captação será do tipo Franklin (ângulo de proteção), classe IV. Foram utilizados mastros com captores, de modo que todo volume da edificação a ser protegido fique dentro de uma zona espacial de proteção do sistema, no interior do cone de proteção criado pelo para-raios.

O cabo a ser utilizado na captação é o cabo de cobre nu de 35 mm² (apenas no telhado, as descidas deverão utilizar cabo de cobre nu 50mm²). Esse cabo será fixado



SIGMA PROJETOS E TREINAMENTOS – EPP
CNPJ: 19.780.730/0001-80
CREA-RS: 212309

nas platibandas e telhado através da presilha latão e do conector universal, conforme apresentado em projeto. A forma de fixação dos conectores, presilhas e captor aéreo é apresentado nos detalhes presentes no projeto.

5.4. Malha de Captação

A malha de captação é em condutor de cobre nu de seção 35mm². A malha de aterramento é em condutor de cobre nu de seção 50mm² instalada a uma profundidade mínima de 50cm, posicionado à uma distância aproximada de 1m ao redor das paredes externas da edificação, conforme determina o item 5.4.3 da NBR 5419 – 3.

5.5. Descidas

Constituída de cordoalha de cobre nu de seção 50mm² embutido em alvenaria. Devido as características da edificação, optou-se por essa seção de cabo em razão da impossibilidade de instalação de conectores de medição na maioria das descidas, os quais também são utilizados para a mudança do cabo (de 35mm² para 50mm²);

Número de descidas: conforme indicado no projeto do SPDA;

Espaçamento aproximado entre os condutores de descida e os anéis condutores: conforme indicado no projeto de SPDA.

Curvaturas e fixação: em isoladores reforçados;

5.6. Aterramento

Número de terminais aéreos em alumínio: de acordo com especificado em projeto de SPDA. A malha de aterramento, foi projetada de forma a atender ao espaço disponível, o qual consiste no pátio interno, tendo em vista a impossibilidade de instalação de uma malha de aterramento abrangendo todo terreno, justamente pelas características de construção da edificação (prédio construído no limite do terreno).

Tipo de Haste: Copperweld de alta camada nas dimensões Ø5/8" x 2400mm.

Caixa de inspeção tipo solo de PVC com tampa, de diâmetro Ø300mm, foi previsto apenas um único ponto de inspeção da malha de aterramento interna, tendo em vista, a finalidade da edificação, garantindo que os apenados não tenham acesso a nenhum ponto minimamente exposto.

Cabo da malha de aterramento em cobre nu de seção 50mm² enterrado a 500mm do nível do solo, conforme projeto.



SIGMA PROJETOS E TREINAMENTOS – EPP
CNPJ: 19.780.730/0001-80
CREA-RS: 212309

Resistência ôhmica esperada: deve-se obter a menor resistência de aterramento possível, compatível com o arranjo do eletrodo, a topologia e a resistividade do solo no local.

O neutro que vem da rede pública é ligado ao eletrodo de aterramento do padrão de entrada e segue até o interior da edificação, quando é ligado ao barramento de equipotencialização principal (BEP), localizado junto a subestação de energia (próximo ao disjuntor de entrada). Com isso, esse condutor tem dupla função, de neutro e proteção (condutor PEN), e este trecho da instalação tem a configuração de um esquema TN-C. Neste arranjo, o condutor PEN tem ainda a finalidade de equipotencializar o eletrodo de aterramento do padrão de entrada com o eletrodo de aterramento da instalação elétrica interna da edificação. A partir do BEP, o neutro passa a servir os circuitos terminais fase-neutro, enquanto o condutor de proteção é distribuído para todos os circuitos, formando assim um esquema TN-S.

5.7 Área de abrangência: Em toda a edificação, conforme previsto as áreas de exposição 1, 2, 3 e 4.

5.8 Dispositivo de Proteção Contra Surtos: Deverá ser instalado DPS tipo I na subestação/medição e DPS tipo II no quadro geral de baixa tensão (QGBT).

6. PREMISSAS DE PROJETO

6.1. Subsistema de Descida

Tendo em vista a finalidade da edificação (penitenciária) e os riscos perante a exposição de qualquer componente do sistema, optou-se por projetar o sistema de descida embutido na alvenaria, ou seja, deverão ser abertas caneletas nos pontos especificados em planta, a fim de acondicionar o cabo de cobre nu 50mm², o qual será fixado na parede através de presilha latão. Após a instalação do cabo, os trechos avariados devem ser rebocados.

Sabe-se da necessidade de prever pontos de inspeção nas descidas, entretanto, em virtude do método de instalação projetado bem como as características do local, optou-se pela não instalação do condulete/caixa de inspeção. Prevendo-se a instalação do conector de medição diretamente na caixa de inspeção do aterramento.



SIGMA PROJETOS E TREINAMENTOS – EPP
CNPJ: 19.780.730/0001-80
CREA-RS: 212309

6.2. Malha de Aterramento

Conforme pode ser verificado na planta, a edificação foi construída no limite do terreno com o passeio público, o que impossibilita a instalação de um eletrodo de aterramento completo, o qual englobaria todo presídio. O único espaço disponível é o pátio interno, espaço esse que os apenados possuem acesso.

A fim de respeitar as limitações do terreno e as características dos usuários, previu-se a instalação da malha de aterramento no pátio interno, com as hastes instaladas diretamente no solo, ou seja, sem caixa de inspeção de aterramento (justamente para evitar qualquer tipo de acesso aos componentes). Sabendo-se da impossibilidade de manutenções futuras recomenda-se o uso de solda exotérmica em todas as conexões.

Após a instalação do cabo, os trechos avariados devem ser reconstituídos.

6.3. Ponto de inspeção malha de aterramento

Previu-se um único ponto de inspeção da malha de aterramento, cujo local especificado no possui acesso de pessoal não autorizado (próximo a garagem). Nesse ponto será instalada a caixa de inspeção de aterramento e o conector de medição.

6.4. Subsistema externo

Conforme mencionado anteriormente, o prédio foi construído no limite do terreno, não sendo possível a instalação de uma malha de aterramento contínua, a fim de ajustar o projeto com a realidade, definiu-se que as descidas externas ao prédio também serão dispostas de forma embutida na alvenaria e o aterramento será feito de forma pontual, ou seja, os pontos não serão conectados. Os materiais empregados e a forma de conexão do cabo com a haste permanecem idênticas as definidas anteriormente (através de solda exotérmica).

Após a instalação dos pontos de aterramento, os locais avariados devem ser reconstituídos.

7. OUTRAS RECOMENDAÇÕES

- A descida será interligada ao eletrodo de aterramento e/ou ponto de aterramento individual, de acordo com as especificações em planta. Cada ponto será composto por haste de aterramento e cordoalha de cobre nu 50 mm², conforme detalhes construtivos;



SIGMA PROJETOS E TREINAMENTOS – EPP
CNPJ: 19.780.730/0001-80
CREA-RS: 212309

- As hastes de aterramento, exceto no ponto de inspeção da malha, serão instaladas diretamente no solo, sendo assim, todas as conexões deverão ser feitas através de solda exotérmica. Orienta-se a incluir uma camada de concreto isolante a fim de cobrir as hastes de aterramento, evitando possíveis furtos e/ou avarias.
- **Não serão permitidas**, em qualquer hipótese, **emendas no cabo de descida**. As conexões somente serão permitidas se forem feitas com conectores apropriados, garantindo perfeita condutibilidade do sistema;
- Recomenda-se também, vistorias preventivas após qualquer reforma, a qual possa, porventura, alterar o sistema proposto, comunicando o fato ao projetista para que o mesmo faça uma análise das referidas mudanças, no sentido de verificar a confiabilidade do sistema e, se for o caso, sugerir alterações e/ ou complementações no mesmo;
- Todos os serviços a serem executados para este sistema deverão obedecer a melhor técnica vigente, enquadrando-se rigorosamente, dentro dos preceitos normativos da NBR 5419 e da NBR 5410 da ABNT.

8. NOTAS

- Deverá ser feito vistoria anual do sistema e após a incidência de tempestades com descargas atmosféricas;
- Na execução ver detalhes e notas do projeto;
- Após a execução da obra, deverá ser realizada uma vistoria por profissional habilitado e este deve realizar a emissão de Anotação de Responsabilidade Técnica (ART) de **execução**, além de um relatório descritivo e fotográfico contendo os valores de resistência de aterramento em todos os pontos de descida e equipotencialização, além da atualização da planta baixa caso necessário para adequação ao executado ('As Built');
- Todas as estruturas metálicas existentes nas coberturas da edificação (antenas, escadas, chaminés, etc), deverão ser interligadas ao ponto mais próximo do sistema de captação para equalização de potencial e escoamento de alguma possível descarga;



SIGMA PROJETOS E TREINAMENTOS – EPP
CNPJ: 19.780.730/0001-80
CREA-RS: 212309

- Todas as tubulações metálicas que cruzarem com o anel de aterramento deverão ser interligadas a esse no ponto de cruzamento;
- Não é função do SPDA a proteção de equipamentos eletroeletrônicos. Para tal, deverão ser instalados supressores de surtos individuais (protetores de linha).

Ijuí, 11 de setembro de 2024.

ANTONIO RODRIGO  Assinado de forma digital por
JUSWIAKI DOS
SANTOS:88475689000 Dados: 2024.09.11 13:29:50 -03'00'

Antônio Rodrigo Juswiaki dos Santos
Eng. Eletricista e Seg. do Trabalho
CREA – RS: 134651

Superintendência dos Serviços Penitenciários
CNPJ: 17.176.399/0001-69



Página 9 de 11

RUA 19 DE OUTUBRO, N° 479 – CENTRO – IJUÍ/RS – CEP: 98700-000
Fone: (55) 3024-0137 E-mail: administrativo@sigmapijui.com.br

ANEXO 1 – Memória de Cálculo

| ITEM | DESCRIÇÃO DO SERVIÇO | UND | QUANT. | MEMORIAL DE CÁLCULO |
|---|--|----------------|--------|--|
| SISTEMA DE PROTEÇÃO CONTRA DESCARGAS ATMOSFÉRICAS (SPDA) | | | | |
| 1.1 | ESCAVAÇÃO MANUAL DE VALA COM PROFUNDIDADE MENOR OU IGUAL A 1,30 M. | M ³ | 13,47 | Medida a ser escavada (89,81m) x largura (0,30m) x profundidade (0,50m) |
| 1.2 | REATERRO MANUAL DE VALAS, COM COMPACTADOR DE SOLOS DE PERCUSSÃO. | M ³ | 13,47 | Medida a ser reaterada (89,81m) x largura (0,30m) x profundidade (0,50m) |
| 1.3 | DEMOLIÇÃO DE PISO DE CONCRETO SIMPLES, DE FORMA MANUAL, SEM REAPROVEITAMENTO. | M ³ | 2,69 | Medida do piso a ser demolido (89,81m) x largura (0,30m) x profundidade concreto (0,10m) |
| 1.4 | EXECUÇÃO DE PASSEIO (CALÇADA) OU PISO DE CONCRETO COM CONCRETO MOLDADO IN LOCO, FEITO EM OBRA, ACABAMENTO CONVENTIONAL, NÃO ARMADO. | M ³ | 2,69 | Medida do piso a ser reconstruído (89,81m) x largura (0,30m) x profundidade concreto (0,10m) |
| 1.5 | CAIXA DE INSPEÇÃO PARA ATERRAMENTO, CIRCULAR, EM POLIETILENO, DIÂMETRO INTERNO = 0,3 M. | UN | 1 | Consideração pontual, de acordo com projeto no software AltoQi |
| 1.6 | HASTE DE ATERRAMENTO, DIÂMETRO 5/8", COM 3 METROS - FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO. | UN | 21 | 1 unidade em cada ponto de aterramento |
| 1.7 | CONNECTOR GRAMPO METALICO TIPO OLHAL, PARA SPDA, PARA HASTE DE ATERRAMENTO DE 5/8" | UN | 21 | 1 unidade em cada conexão da haste de aterramento com as descidas |
| 1.8 | CORDOALHA DE COBRE NU 50 MM ² , ENTERRADA - FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO. | M | 203 | Consideração pontual, de acordo com projeto no software AltoQi |
| 1.9 | CONNECTOR SPLIT-BOLT, PARA SPDA, PARA CABOS ATÉ 50 MM ² - FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO. | UN | 10 | Não se aplica |
| 1.10 | CAPTOR TIPO FRANKLIN PARA SPDA - FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO. | UN | 3 | Consideração pontual, de acordo com projeto no software AltoQi |
| 1.11 | CORDOALHA DE COBRE NU 35 MM ² , NÃO ENTERRADA- FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO. | M | 308 | Consideração pontual, de acordo com projeto no software AltoQi |
| 1.12 | CONNECTOR DE MEDIDA EM BRONZE C/4 PARAFUSOS P/CABOS DE COBRE 16-70MM ² - FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO | UN | 1 | |
| 1.13 | PRESILHA DE LATÃO PARA FIXAÇÃO DE CABOS DE COBRE, FURADO D=7MM, PARA CABOS 35MM ² A 50MM ² - FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO | UN | 300 | 1 unidade a cada 1 metro |

Página 10 de 11


SIGMA PROJETOS E TREINAMENTOS – EPP
CNPJ: 19.780.730/0001-80
CREA-RS: 212309


| | | | | |
|------|---|----------------|------|---|
| 1.14 | RASGO LINEAR MANUAL EM ALVENARIA, PARA ELETRODUTOS, DIÂMETROS MENORES OU IGUAIS A 40 MM. | M | 97 | 6 descidasx6m=36 m; 13 descidasx4m=52m e 2 descidasx4,5m=9m |
| 1.15 | CHAPISCO APLICADO EM ALVENARIAS E ESTRUTURAS DE CONCRETO INTERNAS, COM COLHER DE PEDREIRO. ARGAMASSA TRACO 1:3 COM PREPARO MANUAL. | M ² | 19,4 | |
| 1.16 | EMBOÇO, EM ARGAMASSA TRACO 1:2:8, PREPARO MANUAL, APLICADO MANUALMENTE EM PAREDES INTERNAS, PARA AMBIENTES COM ÁREA MENOR QUE 5M ² , E = 10MM, COM TALISCAS. | M ² | 19,4 | 97m (comprimento total dos rasgos) x 0,20m (largura) |
| 1.17 | MASSA ÚNICA EM ARGAMASSA TRACO 1:2:8, PREPARO MANUAL, APLICADA MANUALMENTE EM PAREDES INTERNAS DE AMBIENTES COM ÁREA ENTRE 5M ² E 10M ² , E = 10MM, COM TALISCAS. | M ² | 19,4 | |
| 1.18 | APLICAÇÃO MANUAL DE TINTA LÁTEX ACRÍLICA EM PAREDE EXTERNAS DE CASAS, DUAS DEMÃOS. | M ² | 19,4 | |
| 1.19 | FIXADOR UNIVERSAL PARA SPDA EM LATÃO ESTANHADO PARA CABO DE 35MM ² -70MM ² , ACOMPANHA ACESSÓRIOS DE FIXAÇÃO - FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO | UN | 21 | 1 unidade em cada conexão entre cabos de 35mm ² com cabos de 50mm ² no telhado, ou seja, nas descidas |
| 1.20 | CAIXA INSPEÇÃO EM POLIAMIDA 150X110X70MM, BOCAL 1"- FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO | UN | 1 | Consideração pontual, de acordo com projeto no software AltoQi |
| 1.21 | TERMINAL DE COMPRESSÃO PARA CABO DE 50 MM ² - FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO | UN | 10 | 1 unidade para cada local que precisa ser equipotencializado e 1 para o BEP |

Página 11 de 11



SIGMA PROJETOS E TREINAMENTOS – EPP
CNPJ: 19.780.730/0001-80
CREA-RS: 212309

MEMORIAL DE CÁLCULO SISTEMA DE PROTEÇÃO CONTRA DESCARGAS ATMOSFÉRICAS - SPDA

PRESÍDIO ESTADUAL DE ITAQUI
Itaqui - RS



SETEMBRO/ 2024

Antônio Rodrigo Juswiaki dos Santos
Eng. Eletricista e de Seg. do Trabalho
CREA – RS: 134651

Página 1 de 40

Rua 19 de Outubro, 479 – Centro – Ijuí/RS – CEP: 98700-000
Fone: (55) 3024-0137 E-mail: administrativo@sigmajui.com.br

ART Nº 13083422**1. OBJETIVO**

O presente memorial tem por objetivo detalhar os cálculos realizados para o dimensionamento do sistema de proteção contra descargas atmosféricas (SPDA), projetado para o Presídio Estadual de Itaqui, localizado na Rua Euclides Aranha, número 803, centro, em Itaqui– RS.

2. REFERÊNCIA NORMATIVA

O sistema foi projetado seguindo as diretrizes normativas das seguintes Normas Técnicas:

- ABNT NBR 5410/2004 - 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.

3. Antecedentes e documentos de referência

Não foi constatado nenhuma instalação existente de SPDA em visita feito *in loco*, nem mesmo documentos que comprovem a existência desse sistema.

4. Análise e gerenciamento de Risco

A fim de embasar a análise e gerenciamento de risco foi utilizado o programa AltoQi Builder, o qual é baseado na NBR 5419/2015 e demais normas cabíveis. Tal análise é necessária para determinar o nível de proteção necessário para a estrutura em questão e assim estabelecer o tipo de SPDA compatível.

Página 2 de 40

A análise foi realizada para quatro áreas de exposição, visto que os telhados se encontram em desníveis. Em ambas as situações se comprovou a necessidade de nível de proteção tipo IV, e instalação de DPS tipo I mínimo 12,5kA na medição e DPS tipo II mínimo 5kA no quadro geral de baixa tensão (QGBT).

4.1 Análise e gerenciamento de Risco – Presídio Estadual de Itaqui

4.1.1 Risco de perda de vida humana (R1) - Padrão

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

- ❖ **Componente Ra (risco de ferimentos a seres vivos causado por descargas na estrutura)**

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

Nd (número de eventos perigosos para a estrutura)

| | |
|---|-----------------|
| Cd (Fator de localização) | 5x10^-1 |
| Ng (Densidade de descargas atmosféricas para a terra) | 14.41/km² x ano |
| Nd = Ng x Ad x Cd x 10^-6 | 4.04x10^-2/ano |

Pa (probabilidade de uma descarga na estrutura causar ferimentos a seres vivos por choque elétrico)

| | |
|--|---------|
| Pta (Probabilidade de uma descarga a uma estrutura causar choque a seres vivos devido a tensões de toque e de passo) | 1x10^-1 |
| Pb (Probabilidade de uma descarga na estrutura causar danos físicos) | 2x10^-1 |
| Pa = Pta x Pb | 2x10^-2 |

La (valores de perda na zona considerada)

| | |
|--|------------|
| rt (Fator de redução em função do tipo da superfície do solo ou do piso) | 1x10^-2 |
| Lt (Número relativo médio típico de vítimas feridas por choque elétrico devido a um evento perigoso) | 1x10^-2 |
| nz (Número de pessoas na zona considerada) | 139 |
| nt (Número total de pessoas na estrutura) | 139 |
| tz (Tempo, durante o qual as pessoas estão presentes na zona considerada) | 8760 h/ano |
| La = rt x Lt x (nz/nt) x (tz/8760) | 1x10^-4 |

$$Ra = Nd \times Pa \times La$$

$$Ra = 8.09 \times 10^{-8}/\text{ano}$$

❖ **Componente Rb (risco de danos físicos na estrutura causado por descargas na estrutura)**

Componente relativo a danos físicos, causados por centelhamentos perigosos dentro da estrutura iniciando incêndio ou explosão, os quais podem também colocar em perigo o meio ambiente.

Nd (número de eventos perigosos para a estrutura)

| | |
|--|-----------------|
| Cd (Fator de localização) | 5x10^-1 |
| Ng (Densidade de descargas atmosféricas para a terra) | 14.41/km² x ano |
| Nd = Ng x Ad x Cd x 10^-6 | 4.04x10^-2/ano |
| Pb (Probabilidade de uma descarga na estrutura causar danos físicos) | 2x10^-1 |

Lb (valores de perda na zona considerada)

| | |
|---|------------|
| rp (Fator de redução em função das providências tomadas para reduzir as consequências de um incêndio) | 5x10^-1 |
| rf (Fator de redução em função do risco de incêndio ou explosão na estrutura) | 1x10^-3 |
| hz (Fator aumentando a quantidade relativa de perda na presença de um perigo especial) | 5 |
| Lf (Número relativo médio típico de vítimas feridas por danos físicos devido a um evento perigoso) | 1x10^-1 |
| nz (Número de pessoas na zona considerada) | 139 |
| nt (Número total de pessoas na estrutura) | 139 |
| tz (Tempo, durante o qual as pessoas estão presentes na zona considerada) | 8760 h/ano |
| Lb = rp x rf x hz x Lf x (nz/nt) x (tz/8760) | 2.5x10^-4 |

Página 4 de 40

$$Rb = Nd \times Pb \times Lb$$

$$Rb = 2.02 \times 10^{-6}/\text{ano}$$

- ❖ Componente Ru (risco de ferimentos a seres vivos causado por descargas na linha conectada)

Componente relativo a ferimentos aos seres vivos, causados por choque elétrico devido às tensões de toque e passo dentro da estrutura.

AI (área de exposição equivalente de descargas para a terra que atingem a linha)

| | Linhas de energia (E) | Linhas de telecomunicações (T) |
|---|-----------------------------|--------------------------------|
| LI (Comprimento da seção de linha) | 1000 m | 1000 m |
| AI = 40 x LI | 40000 m ² | 40000 m ² |
| Ng (Densidade de descargas atmosféricas para a terra) | 14.41/km ² x ano | |

NI (Número médio anual de eventos perigosos devido a descargas na linha)

| | Linhas de energia (E) | Linhas de telecomunicações (T) |
|--|----------------------------|--------------------------------|
| Ci (Fator de instalação da linha) | 1 | 1 |
| Ct (Fator do tipo de linha) | 1 | 1 |
| Ce (Fator ambiental) | 0.1 | 0.1 |
| NI = Ng x AI x Ci x Ce x Ct x 10 ⁻⁶ | 5.76x10 ⁻² /ano | 5.76x10 ⁻² /ano |

Ndj (número de eventos perigosos para uma estrutura adjacente)

| | Linhas de energia (E) | Linhas de telecomunicações (T) |
|---|-----------------------|--------------------------------|
| Adj (Área de exposição equivalente da estrutura adjacente) | 0 m ² | 0 m ² |
| Cdj (Fator de localização da estrutura adjacente) | 0.25 | 0.5 |
| Ndj = Ng x Adj x Cdj x Ct x 10 ⁻⁶ | 0/ano | 0/ano |
| Ptu (Probabilidade de uma estrutura em uma linha que adentre a estrutura causar choques a seres vivos devidos a tensões de toque perigosas) | | 0.1 |
| Peb (Probabilidade em função do NP para qual os DPS foram projetados) | | 0.05 |

Pu (probabilidade de uma descarga em uma linha causar ferimentos a seres vivos por choque elétrico)

Página 5 de 40



SIGMA PROJETOS E TREINAMENTOS – EPP
CNPJ: 19.780.730/0001-80
CREA-RS: 212309

| | Linhas de energia (E) | Linhas de telecomunicações (T) |
|---|-----------------------|--------------------------------|
| Pld (Probabilidade dependendo da resistência Rs da blindagem do cabo e da tensão suportável de impulso Uw do equipamento) | 0.9 | 1 |
| Cld (Fator dependendo das condições de blindagem, aterramento e isolamento) | 1 | 0 |
| $Pu = Ptu \times Peb \times Pld \times Cld$ | 4.5×10^{-3} | 0 |

Lu (valores de perda na zona considerada)

| | |
|--|--------------------|
| rt (Fator de redução em função do tipo da superfície do solo ou do piso) | 1×10^{-2} |
| Lt (Número relativo médio típico de vítimas feridas por choque elétrico devido a um evento perigoso) | 1×10^{-2} |
| nz (Número de pessoas na zona considerada) | 139 |
| nt (Número total de pessoas na estrutura) | 139 |
| tz (Tempo, durante o qual as pessoas estão presentes na zona considerada) | 8760 h/ano |
| $Lu = rt \times Lt \times (nz / nt) \times (tz / 8760)$ | 1×10^{-4} |

$$Ru = Ru.E + Ru.T$$

$$Ru = [(NI.E + Ndj.E) \times Pu.E \times Lu] + [(NI.T + Ndj.T) \times Pu.T \times Lu]$$

$$Ru = 2.59 \times 10^{-8}/\text{ano}$$

- ❖ **Componente Rv (risco de danos físicos na estrutura causado por descargas na linha conectada)**

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

AI (área de exposição equivalente de descargas para a terra que atingem a linha)

| | Linhas de energia (E) | Linhas de telecomunicações (T) |
|---|---------------------------------------|--------------------------------|
| LI (Comprimento da seção de linha) | 1000 m | 1000 m |
| $AI = 40 \times LI$ | 40000 m^2 | 40000 m^2 |
| Ng (Densidade de descargas atmosféricas para a terra) | $14.41/\text{km}^2 \times \text{ano}$ | |

Página 6 de 40

NI (Número médio anual de eventos perigosos devido a descargas na linha)

| | Linhas de energia (E) | Linhas de telecomunicações (T) |
|-------------------------------------|-----------------------|--------------------------------|
| Ci (Fator de instalação da linha) | 1 | 1 |
| Ct (Fator do tipo de linha) | 1 | 1 |
| Ce (Fator ambiental) | 0.1 | 0.1 |
| NI = Ng x Al x Ci x Ce x Ct x 10^-6 | 5.76x10^-2/ano | 5.76x10^-2/ano |

Ndj (número de eventos perigosos para uma estrutura adjacente)

| | Linhas de energia (E) | Linhas de telecomunicações (T) |
|---|-----------------------|--------------------------------|
| Adj (Área de exposição equivalente da estrutura adjacente) | 0 m² | 0 m² |
| Cdj (Fator de localização da estrutura adjacente) | 0.25 | 0.5 |
| Ndj = Ng x Adj x Cdj x Ct x 10^-6 | 0/ano | 0/ano |
| Peb (Probabilidade em função do NP para qual os DPS foram projetados) | 0.05 | |

Pv (probabilidade de uma descarga em uma linha causar danos físicos)

| | Linhas de energia (E) | Linhas de telecomunicações (T) |
|---|-----------------------|--------------------------------|
| Pld (Probabilidade dependendo da resistência Rs da blindagem do cabo e da tensão suportável de impulso Uw do equipamento) | 0.9 | 1 |
| Cld (Fator dependendo das condições de blindagem, aterramento e isolamento) | 1 | 0 |
| Pv = Peb x Pld x Cld | 4.5x10^-2 | 0 |

Lv (valores de perda na zona considerada)

| | |
|---|---------|
| rp (Fator de redução em função das providências tomadas para reduzir as consequências de um incêndio) | 5x10^-1 |
| rf (Fator de redução em função do risco de incêndio ou explosão na estrutura) | 1x10^-3 |
| hz (Fator aumentando a quantidade relativa de perda na presença de um perigo especial) | 5 |
| Lf (Número relativo médio típico de vítimas feridas por danos físicos devido a um evento perigoso) | 1x10^-1 |

Página 7 de 40



SIGMA PROJETOS E TREINAMENTOS – EPP
CNPJ: 19.780.730/0001-80
CREA-RS: 212309

| | |
|---|------------|
| nz (Número de pessoas na zona considerada) | 139 |
| nt (Número total de pessoas na estrutura) | 139 |
| tz (Tempo, durante o qual as pessoas estão presentes na zona considerada) | 8760 h/ano |
| Lv = rp x rf x hz x Lf x (nz/nt) x (tz/8760) | 2.5x10^-4 |

$$Rv = Rv.E + Rv.T$$

$$Rv = [(NI.E + Ndj.E) \times Pv.E \times Lv] + [(NI.T + Ndj.T) \times Pv.T \times Lv]$$

$$Rv = 6.48 \times 10^{-7}/\text{ano}$$

❖ Resultado de R1

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

$$R1 = Ra + Rb + Ru + Rv$$

$$R1 = 2.78 \times 10^{-6}/\text{ano}$$

4.1.2 Risco de perdas de serviço ao público (R2) - Padrão

Os resultados para risco de perda de serviço ao público levam em consideração os componentes de risco de descargas na estrutura e próximo desta, e descargas em uma linha conectada à estrutura e próximo desta.

❖ Componente Rb (risco de danos físicos na estrutura causado por descargas na estrutura)

Componente relativo a danos físicos, causados por centelhamentos perigosos dentro da estrutura iniciando incêndio ou explosão, os quais podem também colocar em perigo o meio ambiente.

Nd (número de eventos perigosos para a estrutura)

| | |
|--|-----------------|
| Cd (Fator de localização) | 5x10^-1 |
| Ng (Densidade de descargas atmosféricas para a terra) | 14.41/km² x ano |
| Nd = Ng x Ad x Cd x 10^-6 | 4.04x10^-2/ano |
| Pb (Probabilidade de uma descarga na estrutura causar danos físicos) | 2x10^-1 |

Lb (valores de perda na zona considerada)

Página 8 de 40



SIGMA PROJETOS E TREINAMENTOS – EPP

CNPJ: 19.780.730/0001-80

CREA-RS: 212309

| | |
|---|---------|
| rp (Fator de redução em função das providências tomadas para reduzir as consequências de um incêndio) | 5x10^-1 |
| rf (Fator de redução em função do risco de incêndio ou explosão na estrutura) | 1x10^-3 |
| Lf (Número relativo médio típico de vítimas feridas por danos físicos devido a um evento perigoso) | 1x10^-1 |
| nz (Número de pessoas na zona considerada) | 139 |
| nt (Número total de pessoas na estrutura) | 139 |
| Lb = rp x rf x Lf x (nz/nt) | 5x10^-5 |

$$Rb = Nd \times Pb \times Lb$$

$$Rb = 4.04 \times 10^{-7}/\text{ano}$$

❖ Componente Rc (risco de falha dos sistemas internos causado por descargas na estrutura)

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

Nd (número de eventos perigosos para a estrutura)

| | |
|---|-----------------|
| Cd (Fator de localização) | 5x10^-1 |
| Ng (Densidade de descargas atmosféricas para a terra) | 14.41/km² x ano |
| Nd = Ng x Ad x Cd x 10^-6 | 4.04x10^-2/ano |

Pc (probabilidade de uma descarga na estrutura causar falha a sistemas internos)

| | Linhas de energia (E) | Linhas de telecomunicações (T) |
|---|-----------------------|--------------------------------|
| Pspd (Probabilidade em função do nível de proteção para qual os DPS foram projetados) | 5x10^-2 | 1 |
| Cld (Fator dependendo das condições de blindagem, aterramento e isolamento) | 1 | 0 |
| Pc.E = Pspd.E x Cld.E, Pc.T = Pspd.T x Cld.T | 5x10^-2 | 0 |
| Pc = 1 - [(1 - Pc.E) x (1 - Pc.T)] | | 5x10^-2 |

Página 9 de 40



SIGMA PROJETOS E TREINAMENTOS – EPP
CNPJ: 19.780.730/0001-80
CREA-RS: 212309

Lc (valores de perda na zona considerada)

| | |
|---|---------|
| Lo (Número relativo médio típico de vítimas por falha de sistemas internos devido a um evento perigoso) | 1x10^-2 |
| nz (Número de pessoas na zona considerada) | 139 |
| nt (Número total de pessoas na estrutura) | 139 |
| Lc = Lo x (nz/nt) | 1x10^-2 |

$$Rc = Nd \times Pc \times Lc$$

$$Rc = 2.02 \times 10^{-5}/\text{ano}$$

❖ **Componente Rm (risco de falha dos sistemas internos causado por descargas perto da estrutura)**

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

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

| | |
|--|-----------------|
| Ng (Densidade de descargas atmosféricas para a terra) | 14.41/km² x ano |
| Am (Área de exposição equivalente de descargas que atingem perto da estrutura) | 858168.16 m² |
| Nm = Ng × Am × 10^-6 | 12.37/ano |

Pm (probabilidade de uma descarga perto da estrutura causar falha de sistemas internos)

| | Linhas de energia (E) | Linhas de telecomunicações (T) |
|---|-----------------------|--------------------------------|
| Pspd (Probabilidade em função do nível de proteção para qual os DPS foram projetados) | 5x10^-2 | 1 |
| Ks1 (Fator relevante à efetividade da blindagem por malha de uma estrutura) | 1 | 1 |
| Ks2 (Fator relevante à efetividade da blindagem por malha dos campos internos de uma estrutura) | 1 | 1 |



20060200041943



SIGMA PROJETOS E TREINAMENTOS – EPP
CNPJ: 19.780.730/0001-80
CREA-RS: 212309

| | | |
|---|------------|---------|
| Ks3 (Fator relevante às características do cabeamento interno) | 1x10^-4 | 1x10^-4 |
| Uw (Tensão suportável nominal de impulso do sistema a ser protegido) (kV) | 1 | 1 |
| Ks4 (Fator relevante à tensão suportável de impulso de um sistema) | 1 | 1 |
| Pms = (Ks1 x Ks2 x Ks3 x Ks4)^2 | 1x10^-8 | 1x10^-8 |
| Pm.E = Pspd.E x Pms.E, Pm.T = Pspd.T x Pms.T | 5x10^-10 | 1x10^-8 |
| Pm = 1 - [(1 - Pm.E) x (1 - Pm.T)] | 1.05x10^-8 | |

Lm (valores de perda na zona considerada)

| | |
|---|---------|
| Lo (Número relativo médio típico de vítimas por falha de sistemas internos devido a um evento perigoso) | 1x10^-2 |
| nz (Número de pessoas na zona considerada) | 139 |
| nt (Número total de pessoas na estrutura) | 139 |
| Lm = Lo x (nz/nt) | 1x10^-2 |

$$Rm = Nm \times Pm \times Lm$$

$$Rm = 1.3 \times 10^{-9}/\text{ano}$$

- ❖ Componente Rv (risco de danos físicos na estrutura causado por descargas na linha conectada)

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

AI (área de exposição equivalente de descargas para a terra que atingem a linha)

| | Linhos de energia (E) | Linhos de telecomunicações (T) |
|---|-----------------------------|--------------------------------|
| LI (Comprimento da seção de linha) | 1000 m | 1000 m |
| AI = 40 x LI | 40000 m ² | 40000 m ² |
| Ng (Densidade de descargas atmosféricas para a terra) | 14.41/km ² x ano | |

NI (Número médio anual de eventos perigosos devido a descargas na linha)

Página 11 de 40

| | Linhas de energia (E) | Linhas de telecomunicações (T) |
|-------------------------------------|-----------------------|--------------------------------|
| Ci (Fator de instalação da linha) | 1 | 1 |
| Ct (Fator do tipo de linha) | 1 | 1 |
| Ce (Fator ambiental) | 0.1 | 0.1 |
| Nl = Ng x Al x Ci x Ce x Ct x 10^-6 | 5.76x10^-2/ano | 5.76x10^-2/ano |

Ndj (número de eventos perigosos para uma estrutura adjacente)

| | Linhas de energia (E) | Linhas de telecomunicações (T) |
|---|-----------------------|--------------------------------|
| Adj (Área de exposição equivalente da estrutura adjacente) | 0 m² | 0 m² |
| Cdj (Fator de localização da estrutura adjacente) | 0.5 | 0.5 |
| Ndj = Ng x Adj x Cdj x Ct x 10^-6 | 0/ano | 0/ano |
| Peb (Probabilidade em função do NP para qual os DPS foram projetados) | 0.05 | |

Pv (probabilidade de uma descarga em uma linha causar danos físicos)

| | Linhas de energia (E) | Linhas de telecomunicações (T) |
|---|-----------------------|--------------------------------|
| Pld (Probabilidade dependendo da resistência Rs da blindagem do cabo e da tensão suportável de impulso Uw do equipamento) | 0.9 | 1 |
| Cld (Fator dependendo das condições de blindagem, aterrramento e isolamento) | 1 | 0 |
| Pv = Peb x Pld x Cld | 4.5x10^-2 | 0 |

Lv (valores de perda na zona considerada)

| | |
|---|---------|
| rp (Fator de redução em função das providências tomadas para reduzir as consequências de um incêndio) | 5x10^-1 |
| rf (Fator de redução em função do risco de incêndio ou explosão na estrutura) | 1x10^-3 |
| Lf (Número relativo médio típico de vítimas feridas por danos físicos devido a um evento perigoso) | 1x10^-1 |
| nz (Número de pessoas na zona considerada) | 139 |
| nt (Número total de pessoas na estrutura) | 139 |
| Lv = rp x rf x Lf x (nz/nt) | 5x10^-5 |

Página 12 de 40

$$Rv = Rv.E + Rv.T$$

$$Rv = [(NI.E + Ndj.E) \times Pv.E \times Lv] + [(NI.T + Ndj.T) \times Pv.T \times Lv]$$

$$Rv = 1.3 \times 10^{-7}/\text{ano}$$

❖ **Componente Rw (risco de falha dos sistemas internos causado por descargas na linha conectada)**

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

AI (área de exposição equivalente de descargas para a terra que atingem a linha)

| | Linhas de energia (E) | Linhas de telecomunicações (T) |
|---|-----------------------|--------------------------------|
| LI (Comprimento da seção de linha) | 1000 m | 1000 m |
| AI = 40 x LI | 40000 m ² | 40000 m ² |
| Ng (Densidade de descargas atmosféricas para a terra) | | 14.41/km ² x ano |

NI (Número médio anual de eventos perigosos devido a descargas na linha)

| | Linhas de energia (E) | Linhas de telecomunicações (T) |
|--|----------------------------|--------------------------------|
| Ci (Fator de instalação da linha) | 1 | 1 |
| Ct (Fator do tipo de linha) | 1 | 1 |
| Ce (Fator ambiental) | 0.1 | 0.1 |
| NI = Ng x AI x Ci x Ce x Ct x 10 ⁻⁶ | 5.76x10 ⁻² /ano | 5.76x10 ⁻² /ano |

Ndj (número de eventos perigosos para uma estrutura adjacente)

| | Linhas de energia (E) | Linhas de telecomunicações (T) |
|--|-----------------------|--------------------------------|
| Adj (Área de exposição equivalente da estrutura adjacente) | 0 m ² | 0 m ² |
| Cdj (Fator de localização da estrutura adjacente) | 0.5 | 0.5 |
| Ndj = Ng x Adj x Cdj x Ct x 10 ⁻⁶ | 0/ano | 0/ano |



SIGMA PROJETOS E TREINAMENTOS – EPP
CNPJ: 19.780.730/0001-80
CREA-RS: 212309

Pw (probabilidade de uma descarga em uma linha causar falha a sistemas internos)

| | Linhas de energia (E) | Linhas de telecomunicações (T) |
|---|------------------------------|---------------------------------------|
| Pspd (Probabilidade em função do nível de proteção para qual os DPS foram projetados) | 5×10^{-2} | 1 |
| Pld (Probabilidade dependendo da resistência Rs da blindagem do cabo e da tensão suportável de impulso Uw do equipamento) | 0.9 | 1 |
| Cld (Fator dependendo das condições de blindagem, aterramento e isolamento) | 1 | 0 |
| $Pw = Pspd \times Pld \times Cld$ | 4.5×10^{-2} | 0 |

Lw (valores de perda na zona considerada)

| | |
|---|--------------------|
| Lo (Número relativo médio típico de vítimas por falha de sistemas internos devido a um evento perigoso) | 1×10^{-2} |
| nz (Número de pessoas na zona considerada) | 139 |
| nt (Número total de pessoas na estrutura) | 139 |
| $Lw = Lo \times (nz/nt)$ | 1×10^{-2} |

$$Rw = Rw.E + Rw.T$$

$$Rw = [(NI.E + Ndj.E) \times Pw.E \times Lw] + [(NI.T + Ndj.T) \times Pw.T \times Lw]$$

$$Rw = 2.59 \times 10^{-5}/\text{ano}$$

- ❖ Componente Rz (risco de falha dos sistemas internos causado por descargas perto da linha)

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

Ai (área de exposição equivalente de descargas para a terra perto da linha)

| | Linhas de energia (E) | Linhas de telecomunicações (T) |
|---|------------------------------|---------------------------------------|
| LI (Comprimento da seção de linha) | 1000 m | 1000 m |
| $Ai = 4000 \times LI$ | 4000000 m^2 | 4000000 m^2 |
| Ng (Densidade de descargas atmosféricas para a terra) | | $14.41/\text{km}^2 \times \text{ano}$ |

Página 14 de 40



SIGMA PROJETOS E TREINAMENTOS – EPP
CNPJ: 19.780.730/0001-80
CREA-RS: 212309

Ni (Número médio anual de eventos perigosos devido a descargas perto da linha)

| | Linhas de energia (E) | Linhas de telecomunicações (T) |
|--|-----------------------|--------------------------------|
| Ci (Fator de instalação da linha) | 1 | 1 |
| Ct (Fator do tipo de linha) | 1 | 1 |
| Ce (Fator ambiental) | 0.1 | 0.1 |
| $Ni = Ng \times Ai \times Ci \times Ce \times Ct \times 10^{-6}$ | 5.76/ano | 5.76/ano |

Pz (probabilidade de uma descarga perto da linha conectada à estrutura causar falha de sistemas internos)

| | Linhas de energia (E) | Linhas de telecomunicações (T) |
|---|-----------------------|--------------------------------|
| Pspd (Probabilidade em função do nível de proteção para qual os DPS foram projetados) | 5×10^{-2} | 1 |
| Pli (Probabilidade de falha de sistemas internos devido a uma descarga perto da linha conectada dependendo das características da linha e dos equipamentos) | 1 | 1 |
| Cli (Fator que depende da blindagem, do aterramento e das condições da isolação da linha) | 0.2 | 0 |
| $Pz = Pspd \times Pli \times Cli$ | 1×10^{-2} | 0 |

Lz (valores de perda na zona considerada)

| | |
|---|--------------------|
| Lo (Número relativo médio típico de vítimas por falha de sistemas internos devido a um evento perigoso) | 1×10^{-2} |
| nz (Número de pessoas na zona considerada) | 139 |
| nt (Número total de pessoas na estrutura) | 139 |
| $Lz = Lo \times (nz/nt)$ | 1×10^{-2} |

$$Rz = Rz.E + Rz.T$$

$$Rz = (Ni.E \times Pz.E \times Lz) + (Ni.T \times Pz.T \times Lz)$$

$$Rz = 5.76 \times 10^{-4}/\text{ano}$$

❖ Resultado de R2

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

Página 15 de 40

$$R2 = Rb + Rc + Rm + Rv + Rw + Rz$$

$$R2 = 6.23 \times 10^{-4}/\text{ano}$$

4.1.3 Risco de perdas de patrimônio cultural (R3) - Padrão

Os resultados para risco de perda de patrimônio cultural levam em consideração os componentes de risco de descargas na estrutura e em uma linha conectada à estrutura.

- ❖ **Componente Rb (risco de danos físicos na estrutura causado por descargas na estrutura)**

Componente relativo a danos físicos, causados por centelhamentos perigosos dentro da estrutura iniciando incêndio ou explosão, os quais podem também colocar em perigo o meio ambiente.

Nd (número de eventos perigosos para a estrutura)

| | |
|--|-----------------|
| Cd (Fator de localização) | 5x10^-1 |
| Ng (Densidade de descargas atmosféricas para a terra) | 14.41/km² x ano |
| Nd = Ng x Ad x Cd x 10^-6 | 4.04x10^-2/ano |
| Pb (Probabilidade de uma descarga na estrutura causar danos físicos) | 2x10^-1 |

Lb (valores de perda na zona considerada)

| | |
|---|---------|
| rp (Fator de redução em função das providências tomadas para reduzir as consequências de um incêndio) | 5x10^-1 |
| rf (Fator de redução em função do risco de incêndio ou explosão na estrutura) | 1x10^-3 |
| Lf (Número relativo médio típico de vítimas feridas por danos físicos devido a um evento perigoso) | 1x10^-1 |
| cz (Valor do patrimônio cultural na zona considerada) (R\$) | 0 |
| ct (Valor total da edificação e conteúdo da estrutura) (R\$) | 1000000 |
| Lb = rp x rf x Lf x (cz/ct) | 0 |

$$Rb = Nd \times Pb \times Lb$$

$$Rb = 0/\text{ano}$$



SIGMA PROJETOS E TREINAMENTOS – EPP
CNPJ: 19.780.730/0001-80
CREA-RS: 212309

- ❖ Componente Rv (risco de danos físicos na estrutura causado por descargas na linha conectada)

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

AI (área de exposição equivalente de descargas para a terra que atingem a linha)

| | Linhas de energia (E) | Linhas de telecomunicações (T) |
|---|-----------------------|--------------------------------|
| LI (Comprimento da seção de linha) | 1000 m | 1000 m |
| AI = 40 x LI | 40000 m ² | 40000 m ² |
| Ng (Densidade de descargas atmosféricas para a terra) | | 14.41/km ² x ano |

NI (Número médio anual de eventos perigosos devido a descargas na linha)

| | Linhas de energia (E) | Linhas de telecomunicações (T) |
|-------------------------------------|-----------------------|--------------------------------|
| Ci (Fator de instalação da linha) | 1 | 1 |
| Ct (Fator do tipo de linha) | 1 | 1 |
| Ce (Fator ambiental) | 0.1 | 0.1 |
| NI = Ng x AI x Ci x Ce x Ct x 10^-6 | 5.76x10^-2/ano | 5.76x10^-2/ano |

Ndj (número de eventos perigosos para uma estrutura adjacente)

| | Linhas de energia (E) | Linhas de telecomunicações (T) |
|---|-----------------------|--------------------------------|
| Adj (Área de exposição equivalente da estrutura adjacente) | 0 m ² | 0 m ² |
| Cdj (Fator de localização da estrutura adjacente) | 0.5 | 0.5 |
| Ndj = Ng x Adj x Cdj x Ct x 10^-6 | 0/ano | 0/ano |
| Peb (Probabilidade em função do NP para qual os DPS foram projetados) | 0.05 | |



SIGMA PROJETOS E TREINAMENTOS – EPP
CNPJ: 19.780.730/0001-80
CREA-RS: 212309

Pv (probabilidade de uma descarga em uma linha causar danos físicos)

| | Linhas de energia (E) | Linhas de telecomunicações (T) |
|---|------------------------------|---------------------------------------|
| Pld (Probabilidade dependendo da resistência Rs da blindagem do cabo e da tensão suportável de impulso Uw do equipamento) | 0.9 | 1 |
| Cld (Fator dependendo das condições de blindagem, aterramento e isolamento) | 1 | 0 |
| Pv = Peb x Pld x Cld | 4.5x10^-2 | 0 |

Lv (valores de perda na zona considerada)

| | |
|---|---------|
| rp (Fator de redução em função das providências tomadas para reduzir as consequências de um incêndio) | 5x10^-1 |
| rf (Fator de redução em função do risco de incêndio ou explosão na estrutura) | 1x10^-3 |
| Lf (Número relativo médio típico de vítimas feridas por danos físicos devido a um evento perigoso) | 1x10^-1 |
| cz (Valor do patrimônio cultural na zona considerada) (R\$) | 0 |
| ct (Valor total da edificação e conteúdo da estrutura) (R\$) | 1000000 |
| Lv = rp x rf x Lf x (cz/ct) | 0 |

$$Rv = Rv.E + Rv.T$$

$$Rv = [(NI.E + Ndj.E) \times Pv.E \times Lv] + [(NI.T + Ndj.T) \times Pv.T \times Lv]$$

$$Rv = 0/\text{ano}$$

❖ Resultado de R3

O risco R3 é um valor relativo a uma provável perda anual média, calculado a partir da soma dos componentes de risco citados.

$$R3 = Rb + Rv$$

$$R3 = 0/\text{ano}$$

4.1.4 Risco de perda de valores econômicos (R4) - Padrão

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

❖ Componente Rb (risco de danos físicos na estrutura causado por descargas na estrutura)

Página 18 de 40

Componente relativo a danos físicos, causados por centelhamentos perigosos dentro da estrutura iniciando incêndio ou explosão, os quais podem também colocar em perigo o meio ambiente.

Nd (número de eventos perigosos para a estrutura)

| | |
|--|-----------------|
| Cd (Fator de localização) | 5x10^-1 |
| Ng (Densidade de descargas atmosféricas para a terra) | 14.41/km² x ano |
| Nd = Ng x Ad x Cd x 10^-6 | 4.04x10^-2/ano |
| Pb (Probabilidade de uma descarga na estrutura causar danos físicos) | 2x10^-1 |

Lb (valores de perda na zona considerada)

| | |
|--|---------|
| rp (Fator de redução em função das providências tomadas para reduzir as consequências de um incêndio) | 5x10^-1 |
| rf (Fator de redução em função do risco de incêndio ou explosão na estrutura) | 1x10^-3 |
| Lf (Valor relativo médio típico de todos os valores atingidos pelos danos físicos devido a um evento perigoso) | 2x10^-1 |
| ca (Valor dos animais na zona) (R\$) | 0 |
| cb (Valor da edificação relevante à zona) (R\$) | 0 |
| cc (Valor do conteúdo da zona) (R\$) | 0 |
| cs (Valor dos sistemas internos incluindo suas atividades na zona) (R\$) | 0 |
| CT: custo total de perdas econômicas da estrutura (valores em \$) | 0 |
| Lb = rp x rf x Lf x ((ca+cb+cc+cs)/CT) | 1x10^-4 |

$$Rb = Nd \times Pb \times Lb$$

$$Rb = 8.09 \times 10^{-7}/\text{ano}$$

❖ **Componente Rc (risco de falha dos sistemas internos causado por descargas na estrutura)**

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

Página 19 de 40



SIGMA PROJETOS E TREINAMENTOS – EPP
CNPJ: 19.780.730/0001-80
CREA-RS: 212309

Nd (número de eventos perigosos para a estrutura)

| | |
|---|-----------------|
| Cd (Fator de localização) | 5x10^-1 |
| Ng (Densidade de descargas atmosféricas para a terra) | 14.41/km² x ano |
| Nd = Ng x Ad x Cd x 10^-6 | 4.04x10^-2/ano |

Pc (probabilidade de uma descarga na estrutura causar falha a sistemas internos)

| | Linhas de energia (E) | Linhas de telecomunicações (T) |
|---|-----------------------|--------------------------------|
| Pspd (Probabilidade em função do nível de proteção para qual os DPS foram projetados) | 5x10^-2 | 1 |
| Cld (Fator dependendo das condições de blindagem, aterramento e isolamento) | 1 | 0 |
| Pc.E = Pspd.E x Cld.E, Pc.T = Pspd.T x Cld.T | 5x10^-2 | 0 |
| Pc = 1 - [(1 - Pc.E) x (1 - Pc.T)] | | 5x10^-2 |

Lc (valores de perda na zona considerada)

| | |
|--|---------|
| Lo (Valor relativo médio típico de todos os valores danificados pela falha de sistemas internos devido a um evento perigoso) | 1x10^-2 |
| cs (Valor dos sistemas internos incluindo suas atividades na zona) (R\$) | 0 |
| CT: custo total de perdas econômicas da estrutura (valores em \$) | 0 |
| Lc = Lo x (cs/CT) | 1x10^-2 |

$$Rc = Nd \times Pc \times Lc$$

$$Rc = 2.02 \times 10^{-5}/\text{ano}$$

- ❖ **Componente Rm (risco de falha dos sistemas internos causado por descargas perto da estrutura)**

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



SIGMA PROJETOS E TREINAMENTOS – EPP
CNPJ: 19.780.730/0001-80
CREA-RS: 212309

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

| | |
|--|-----------------------------|
| Ng (Densidade de descargas atmosféricas para a terra) | 14.41/km ² x ano |
| Am (Área de exposição equivalente de descargas que atingem perto da estrutura) | 858168.16 m ² |
| Nm = Ng × Am × 10 ⁻⁶ | 12.37/ano |

Pm (probabilidade de uma descarga perto da estrutura causar falha de sistemas internos)

| | Linhas de energia (E) | Linhas de telecomunicações (T) |
|---|-----------------------|--------------------------------|
| Pspd (Probabilidade em função do nível de proteção para qual os DPS foram projetados) | 5x10 ⁻² | 1 |
| Ks1 (Fator relevante à efetividade da blindagem por malha de uma estrutura) | 1 | 1 |
| Ks2 (Fator relevante à efetividade da blindagem por malha dos campos internos de uma estrutura) | 1 | 1 |
| Ks3 (Fator relevante às características do cabeamento interno) | 1x10 ⁻⁴ | 1x10 ⁻⁴ |
| Uw (Tensão suportável nominal de impulso do sistema a ser protegido) (kV) | 1 | 1 |
| Ks4 (Fator relevante à tensão suportável de impulso de um sistema) | 1 | 1 |
| Pms = (Ks1 × Ks2 × Ks3 × Ks4) ² | 1x10 ⁻⁸ | 1x10 ⁻⁸ |
| Pm.E = Pspd.E × Pms.E, Pm.T = Pspd.T × Pms.T | 5x10 ⁻¹⁰ | 1x10 ⁻⁸ |
| Pm = 1 - [(1 - Pm.E) × (1 - Pm.T)] | | 1.05x10 ⁻⁸ |

Lm (valores de perda na zona considerada)

| | |
|--|--------------------|
| Lo (Valor relativo médio típico de todos os valores danificados pela falha de sistemas internos devido a um evento perigoso) | 1x10 ⁻² |
| cs (Valor dos sistemas internos incluindo suas atividades na zona) (R\$) | 0 |
| CT: custo total de perdas econômicas da estrutura (valores em \$) | 0 |
| Lm = Lo x (cs/CT) | 1x10 ⁻² |

$$Rm = Nm \times Pm \times Lm$$

$$Rm = 1.3 \times 10^{-9}/\text{ano}$$

Página 21 de 40



SIGMA PROJETOS E TREINAMENTOS – EPP
CNPJ: 19.780.730/0001-80
CREA-RS: 212309

- ❖ Componente Rv (risco de danos físicos na estrutura causado por descargas na linha conectada)

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

AI (área de exposição equivalente de descargas para a terra que atingem a linha)

| | Linhas de energia (E) | Linhas de telecomunicações (T) |
|---|------------------------------|---------------------------------------|
| LI (Comprimento da seção de linha) | 1000 m | 1000 m |
| AI = 40 x LI | 40000 m ² | 40000 m ² |
| Ng (Densidade de descargas atmosféricas para a terra) | 14.41/km ² x ano | |

NI (Número médio anual de eventos perigosos devido a descargas na linha)

| | Linhas de energia (E) | Linhas de telecomunicações (T) |
|--|------------------------------|---------------------------------------|
| Ci (Fator de instalação da linha) | 1 | 1 |
| Ct (Fator do tipo de linha) | 1 | 1 |
| Ce (Fator ambiental) | 0.1 | 0.1 |
| NI = Ng x AI x Ci x Ce x Ct x 10 ⁻⁶ | 5.76x10 ⁻² /ano | 5.76x10 ⁻² /ano |

Ndj (número de eventos perigosos para uma estrutura adjacente)

| | Linhas de energia (E) | Linhas de telecomunicações (T) |
|---|------------------------------|---------------------------------------|
| Adj (Área de exposição equivalente da estrutura adjacente) | 0 m ² | 0 m ² |
| Cdj (Fator de localização da estrutura adjacente) | 0.5 | 0.5 |
| Ndj = Ng x Adj x Cdj x Ct x 10 ⁻⁶ | 0/ano | 0/ano |
| Peb (Probabilidade em função do NP para qual os DPS foram projetados) | 0.05 | |

Pv (probabilidade de uma descarga em uma linha causar danos físicos)

| | Linhas de energia (E) | Linhas de telecomunicações (T) |
|---|------------------------------|---------------------------------------|
| Pld (Probabilidade dependendo da resistência Rs da blindagem do cabo e da tensão suportável de impulso Uw do equipamento) | 0.9 | 1 |
| Cld (Fator dependendo das condições de blindagem, aterramento e isolamento) | 1 | 0 |
| Pv = Peb x Pld x Cld | 4.5x10^-2 | 0 |

Lv (valores de perda na zona considerada)

| | |
|--|---------|
| rp (Fator de redução em função das providências tomadas para reduzir as consequências de um incêndio) | 5x10^-1 |
| rf (Fator de redução em função do risco de incêndio ou explosão na estrutura) | 1x10^-3 |
| Lf (Valor relativo médio típico de todos os valores atingidos pelos danos físicos devido a um evento perigoso) | 2x10^-1 |
| ca (Valor dos animais na zona) (R\$) | 0 |
| cb (Valor da edificação relevante à zona) (R\$) | 0 |
| cc (Valor do conteúdo da zona) (R\$) | 0 |
| cs (Valor dos sistemas internos incluindo suas atividades na zona) (R\$) | 0 |
| CT: custo total de perdas econômicas da estrutura (valores em \$) | 0 |
| Lv = rp x rf x Lf x ((ca+cb+cc+cs)/CT) | 1x10^-4 |

$$Rv = Rv.E + Rv.T$$

$$Rv = [(NI.E + Ndj.E) \times Pv.E \times Lv] + [(NI.T + Ndj.T) \times Pv.T \times Lv]$$

$$Rv = 2.59 \times 10^{-7}/\text{ano}$$

❖ **Componente Rw (risco de falha dos sistemas internos causado por descargas na linha conectada)**

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

Página 23 de 40

AI (área de exposição equivalente de descargas para a terra que atingem a linha)

| | Linhas de energia (E) | Linhas de telecomunicações (T) |
|---|------------------------------|---------------------------------------|
| LI (Comprimento da seção de linha) | 1000 m | 1000 m |
| AI = 40 x LI | 40000 m ² | 40000 m ² |
| Ng (Densidade de descargas atmosféricas para a terra) | | 14.41/km ² x ano |

NI (Número médio anual de eventos perigosos devido a descargas na linha)

| | Linhas de energia (E) | Linhas de telecomunicações (T) |
|-------------------------------------|------------------------------|---------------------------------------|
| Ci (Fator de instalação da linha) | 1 | 1 |
| Ct (Fator do tipo de linha) | 1 | 1 |
| Ce (Fator ambiental) | 0.1 | 0.1 |
| NI = Ng x AI x Ci x Ce x Ct x 10^-6 | 5.76x10^-2/ano | 5.76x10^-2/ano |

Ndj (número de eventos perigosos para uma estrutura adjacente)

| | Linhas de energia (E) | Linhas de telecomunicações (T) |
|--|------------------------------|---------------------------------------|
| Adj (Área de exposição equivalente da estrutura adjacente) | 0 m ² | 0 m ² |
| Cdj (Fator de localização da estrutura adjacente) | 0.5 | 0.5 |
| Ndj = Ng x Adj x Cdj x Ct x 10^-6 | 0/ano | 0/ano |

Pw (probabilidade de uma descarga em uma linha causar falha a sistemas internos)

| | Linhas de energia (E) | Linhas de telecomunicações (T) |
|---|------------------------------|---------------------------------------|
| Pspd (Probabilidade em função do nível de proteção para qual os DPS foram projetados) | 5x10^-2 | 1 |
| Pld (Probabilidade dependendo da resistência Rs da blindagem do cabo e da tensão suportável de impulso Uw do equipamento) | 0.9 | 1 |
| Cld (Fator dependendo das condições de blindagem, aterramento e isolamento) | 1 | 0 |
| Pw = Pspd x Pld x Cld | 4.5x10^-2 | 0 |

Lw (valores de perda na zona considerada)

| | |
|--|---------|
| Lo (Valor relativo médio típico de todos os valores danificados pela falha de sistemas internos devido a um evento perigoso) | 1x10^-2 |
| cs (Valor dos sistemas internos incluindo suas atividades na zona) (R\$) | 0 |
| CT: custo total de perdas econômicas da estrutura (valores em \$) | 0 |
| Lw = Lo x (cs/CT) | 1x10^-2 |

$$Rw = Rw.E + Rw.T$$

$$Rw = [(NI.E + Ndj.E) \times Pw.E \times Lw] + [(NI.T + Ndj.T) \times Pw.T \times Lw]$$

$$Rw = 2.59 \times 10^{-5}/\text{ano}$$

❖ **Componente Rz (risco de falha dos sistemas internos causado por descargas perto da linha)**

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

Ai (área de exposição equivalente de descargas para a terra perto da linha)

| | Linhas de energia (E) | Linhas de telecomunicações (T) |
|---|------------------------|--------------------------------|
| LI (Comprimento da seção de linha) | 1000 m | 1000 m |
| Ai = 4000 x LI | 4000000 m ² | 4000000 m ² |
| Ng (Densidade de descargas atmosféricas para a terra) | | 14.41/km ² x ano |

Ni (Número médio anual de eventos perigosos devido a descargas perto da linha)

| | Linhas de energia (E) | Linhas de telecomunicações (T) |
|-------------------------------------|-----------------------|--------------------------------|
| Ci (Fator de instalação da linha) | 1 | 1 |
| Ct (Fator do tipo de linha) | 1 | 1 |
| Ce (Fator ambiental) | 0.1 | 0.1 |
| Ni = Ng x Ai x Ci x Ce x Ct x 10^-6 | 5.76/ano | 5.76/ano |

Página 25 de 40



SIGMA PROJETOS E TREINAMENTOS – EPP
CNPJ: 19.780.730/0001-80
CREA-RS: 212309

Pz (probabilidade de uma descarga perto da linha conectada à estrutura causar falha de sistemas internos)

| | Linhas de energia (E) | Linhas de telecomunicações (T) |
|---|------------------------------|---------------------------------------|
| Pspd (Probabilidade em função do nível de proteção para qual os DPS foram projetados) | 5x10^-2 | 1 |
| Pli (Probabilidade de falha de sistemas internos devido a uma descarga perto da linha conectada dependendo das características da linha e dos equipamentos) | 1 | 1 |
| Cli (Fator que depende da blindagem, do aterramento e das condições da isolação da linha) | 0.2 | 0 |
| Pz = Pspd x Pli x Cli | 1x10^-2 | 0 |

Lz (valores de perda na zona considerada)

| | |
|--|---------|
| Lo (Valor relativo médio típico de todos os valores danificados pela falha de sistemas internos devido a um evento perigoso) | 1x10^-2 |
| cs (Valor dos sistemas internos incluindo suas atividades na zona) (R\$) | 0 |
| CT: custo total de perdas econômicas da estrutura (valores em \$) | 0 |
| Lz = Lo x (cs/CT) | 1x10^-2 |

$$Rz = Rz.E + Rz.T$$

$$Rz = (Ni.E \times Pz.E \times Lz) + (Ni.T \times Pz.T \times Lz)$$

$$Rz = 5.76 \times 10^{-4}/\text{ano}$$

❖ Resultado de R4

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

$$R4 = Rb + Rc + Rm + Rv + Rw + Rz$$

$$R4 = 6.24 \times 10^{-4}/\text{ano}$$

4.1.5 Avaliação do custo de perdas do valor econômico – Padrão

❖ Resultado das perdas de valor econômico

As perdas de valor econômico são afetadas diretamente pelas características de cada tipo de perda da zona. O custo total de perdas da estrutura (CT) é o somatório dos valores estabelecidos para cada tipo de perda da estrutura e quando multiplicado pelo risco (R4) obtém-se o custo anual de perdas (CL).

❖ Custo total de perdas (ct)

O custo total de perdas (ct) é a somatória dos valores de perdas na zona, compreendendo o valor dos animais na zona (ca), o valor da edificação relevante à zona (cb), o valor do conteúdo da zona (cc) e o valor dos sistemas internos incluindo suas atividades na zona (cs). O seu valor calculado é monetário.

$$\begin{aligned} ct &= ca + cb + cc + cs \\ ct &= 0 \end{aligned}$$

❖ Custo total de perdas da estrutura (CT)

O custo total de perdas da estrutura (CT) é a somatória dos valores de perdas de todas as zonas da estrutura. O seu valor calculado é monetário.

$$\begin{aligned} CT &= ct(z1) + \dots + ct(zn) \\ CT &= 0 \end{aligned}$$

❖ Custo anual de perdas (CL)

O custo anual de perdas (CL) é a multiplicação entre o custo total de perdas (CT) e o risco (R4), na qual contribui para análise do risco econômico total da estrutura. O seu valor calculado é monetário.

$$CL = CT \times R4$$

$$CL = 0$$

4.1.6 Avaliação final do risco - Estrutura

O risco é um valor relativo a uma provável perda anual média. Para cada tipo de perda que possa ocorrer na estrutura, o risco resultante deve ser avaliado. O risco para a estrutura é a soma dos riscos relevantes de todas as zonas da estrutura; em cada zona, o risco é a soma de todos os componentes de risco relevantes na zona.

Página 27 de 40



SIGMA PROJETOS E TREINAMENTOS – EPP
CNPJ: 19.780.730/0001-80
CREA-RS: 212309

| Zona | R1 | R2 | R3 | R4 |
|-----------|--------------------------|------------------------|----|------------------------|
| Estrutura | 0.27766×10^{-5} | 0.623×10^{-3} | 0 | 0.624×10^{-3} |

Foram avaliados os seguintes riscos da estrutura:

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

$R1 = 0.27766 \times 10^{-5}/\text{ano}$

R2: risco de perdas de serviço ao público

$R2 = 0.623 \times 10^{-3}/\text{ano}$

R3: risco de perdas de patrimônio cultural

$R3 = 0/\text{ano}$

R4: risco de perda de valor econômico

$R4 = 0.624 \times 10^{-3}/\text{ano}$

CT: custo total de perdas de valor econômico da estrutura (valores em \$)

$CT = 0$

CL: custo anual de perdas (valores em \$)

$CL = 0$

5 Detalhamento SPDA – Presídio Estadual de Itaqui

Para melhor entendimento dos cálculos, foram divididos em quatro áreas de exposição o presídio com a planta baixa em anexo a esse arquivo, visto que estas se encontram em níveis diferenciados umas das outras.

5.1 ÁREA DE EXPOSIÇÃO 1- h:3 m

❖ **Nível de proteção adotado**

Nível IV.

❖ **Método utilizado**

Método do ângulo de proteção (Franklin).

Página 28 de 40

Devido à altura dessa área de exposição em relação as outras áreas, não será preciso colocar captor, consequentemente, teremos somente o cálculo das descidas apresentados a seguir.

❖ Cálculo n° de descidas (N)

Espaçamento máximo (nível IV) = 20m

$$\text{Perímetro} = (\text{largura}) + (\text{comprimento})$$

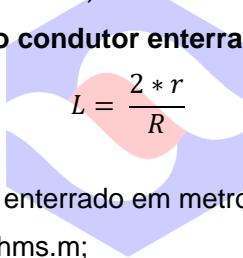
$$\text{Perímetro} = 39,17m$$

$$N = \frac{\text{Perímetro}}{\text{espaçamento}}$$

$$N = \frac{39,17 \text{ m}}{20 \text{ m}}$$

$$N = 1,95 \text{ descidas}$$

❖ Cálculo do comprimento do condutor enterrado horizontalmente


$$L = \frac{2 * r}{R}$$

Onde:

L = comprimento do condutor enterrado em metros;

r = resistividade do solo em ohms.m;

R = resistência de aterramento em ohms.

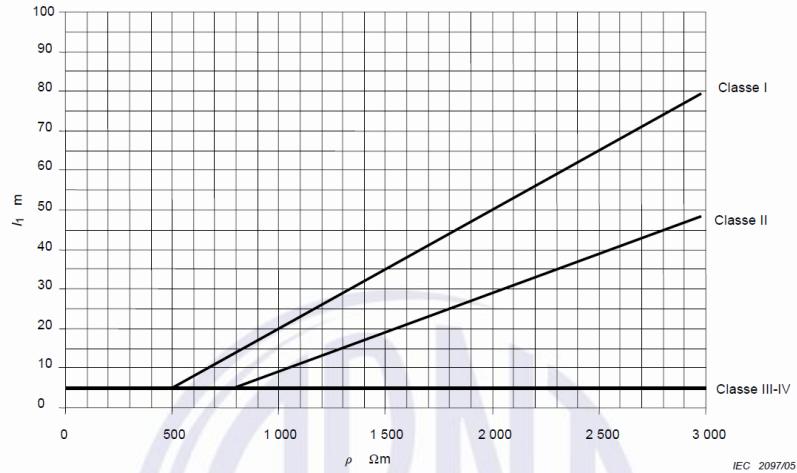
$$L = \frac{2 * 100}{10}$$

$$L = 20m$$

l_1 = comprimento mínimo do eletrodo não natural de acordo com a classe do SPDA.

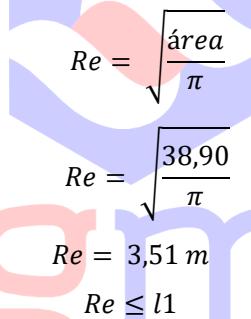
$$l_1 \text{ (min)} = 5m$$

Figura 3 – I1



Retirado da NBR 5419/2015 – parte 3 – pág 18

Re = raio médio da área abrangida pelos eletrodos.



$$Re = \sqrt{\frac{\text{área}}{\pi}}$$

$$Re = \sqrt{\frac{38,90}{\pi}}$$

$$Re = 3,51 \text{ m}$$

$$Re \leq l_1$$

Raio médio é menor que o comprimento mínimo, então devemos fazer a compensação para que este esteja em acordo. A compensação é feita através da inclusão de eletrodos verticais, neste caso, considera-se a haste de aterramento como eletrodo vertical, a qual corresponde a 2,40m.

Portanto:

$$l_v = \frac{(l_1 - re)}{2}$$

$$lhaste \geq l_v$$

$$l_v = \frac{(5 - 3,51)}{2}$$

$$2,40 \geq 0,745$$

$$l_v = 0,745$$

O l_v é maior que o $lhaste$, então o mesmo é aceitável.

Página 30 de 40

❖ Anéis horizontais de interligação das descidas

Instalação de 1 anel horizontal de aterramento enterrado.

Altura 5m ≤ 20m

Não é necessário anel intermediário.

5.2 ÁREA DE EXPOSIÇÃO 2- h:4 m**❖ Nível de proteção adotado**

Nível IV.

❖ Método utilizado

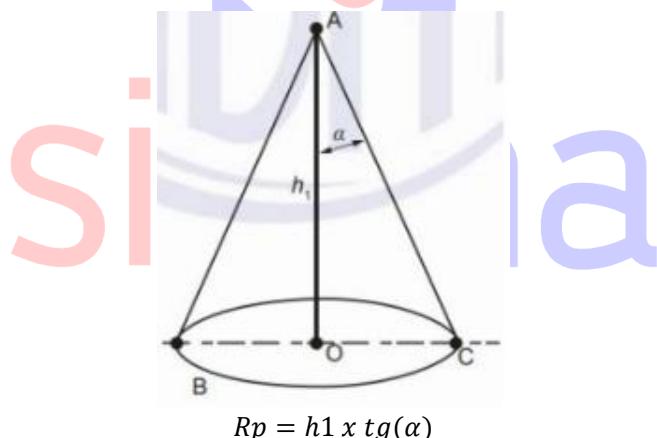
Método do ângulo de proteção (Franklin).

Altura do mastro acima do plano de referência = 3m.

❖ Zona de proteção

Verificação analítica.

Figura 1- Elemento captor



$$Rp = h_1 \times \operatorname{tg}(\alpha)$$

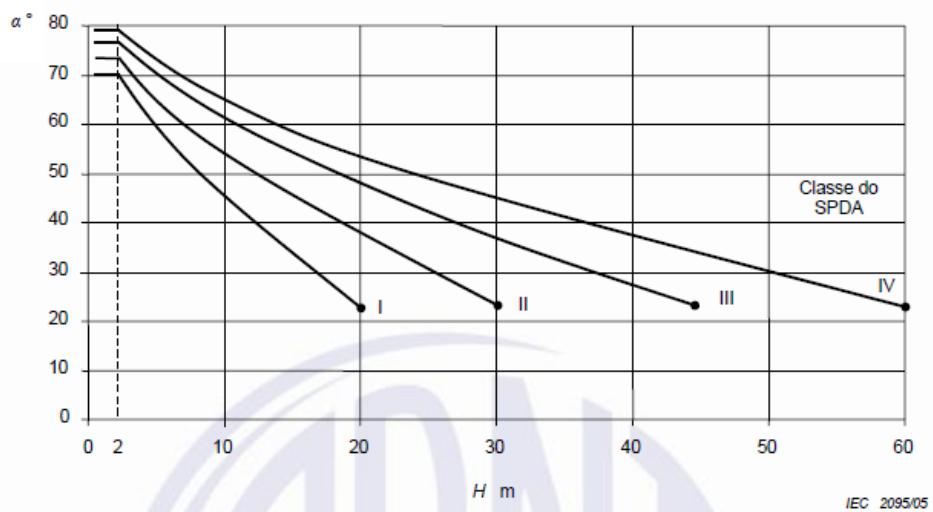
Onde:

Rp = raio de proteção em relação ao plano de referência;

h_1 = altura de um mastro acima do plano de referência;

α = ângulo de proteção;

Figura 2 - Valores máximos ângulo de proteção



Retirado da NBR 5419/2015 – parte 3 – pág 11

$$Rp = 3m + 4m \times \operatorname{tg}(70^\circ)$$

$$Rp = 19,23m$$

❖ Cálculo nº de descidas (N)

Espaçamento máximo (nível IV) = 20m

Sigma

$$\text{Perímetro} = (\text{largura}) + (\text{comprimento})$$

$$\text{Perímetro} = 267,25\text{ m}$$

$$N = \frac{\text{Perímetro}}{\text{espaçamento}}$$

$$N = \frac{267,25\text{ m}}{20\text{ m}}$$

$$N = 13,36 \text{ descidas}$$

❖ Cálculo do comprimento do condutor enterrado horizontalmente

$$L = \frac{2 * r}{R}$$

Onde:

L = comprimento do condutor enterrado em metros;

r = resistividade do solo em ohms.m;

R = resistência de aterramento em ohms.

Página 32 de 40



SIGMA PROJETOS E TREINAMENTOS – EPP
CNPJ: 19.780.730/0001-80
CREA-RS: 212309

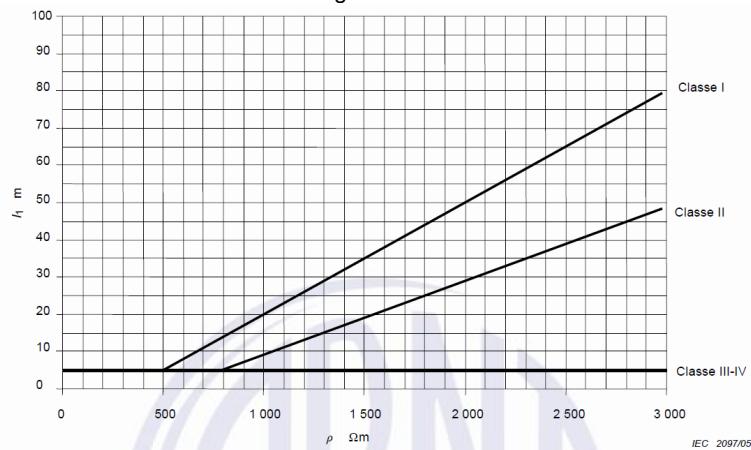
$$L = \frac{2 * 100}{10}$$

$$L = 20m$$

l_1 = comprimento mínimo do eletrodo não natural de acordo com a classe do SPDA.

$$l_1 (\text{min}) = 5m$$

Figura 3 – I1



Retirado da NBR 5419/2015 – parte 3 – pág 18

Re = raio médio da área abrangida pelos eletrodos.

$$Re = \sqrt{\frac{\text{área}}{\pi}}$$

$$Re = \sqrt{\frac{594,24}{\pi}}$$

$$Re = 13,75m$$

$$Re \geq l_1$$

Raio médio é maior que o comprimento mínimo, então o mesmo é aceitável.

❖ Anéis horizontais de interligação das descidas

Instalação de 1 anel horizontal de aterramento enterrado.

$$\text{Altura } 5m \leq 20m$$

Não é necessário anel intermediário.

Página 33 de 40

5.3 ÁREA DE EXPOSIÇÃO 3- h: 4,5 m

❖ **Nível de proteção adotado**

Nível IV.

❖ **Método utilizado**

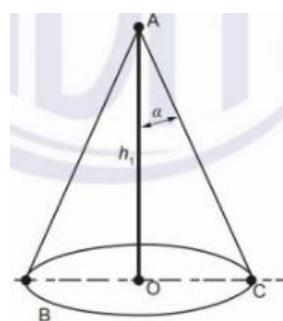
Método do ângulo de proteção (Franklin).

Altura do mastro acima do plano de referência = 3m.

❖ **Zona de proteção**

Verificação analítica.

Figura 3- Elemento captor



$$Rp = h1 \times \operatorname{tg}(\alpha)$$

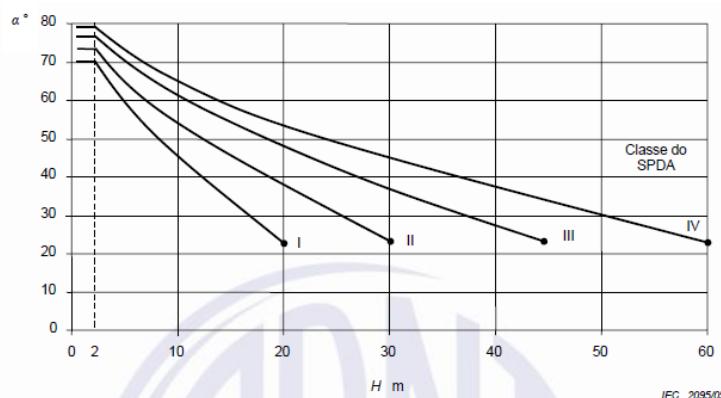
Onde:

Rp = raio de proteção em relação ao plano de referência;

$h1$ = altura de um mastro acima do plano de referência;

α = ângulo de proteção;

Figura 4 - Valores máximos ângulo de proteção



Retirado da NBR 5419/2015 – parte 3 – pág 11

Página 34 de 40



SIGMA PROJETOS E TREINAMENTOS – EPP
CNPJ: 19.780.730/0001-80
CREA-RS: 212309

$$Rp = 3m + 4,5m \times \operatorname{tg}(69^\circ)$$

$$Rp = 19,53m$$

❖ Cálculo nº de descidas (N)

Espaçamento máximo (nível IV) = 20m

$$\text{Perímetro} = (\text{largura}) + (\text{comprimento})$$

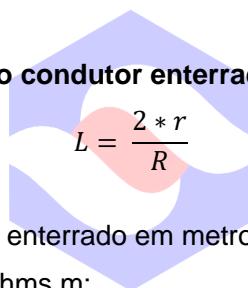
$$\text{Perímetro} = 46,51m$$

$$N = \frac{\text{Perímetro}}{\text{espaçamento}}$$

$$N = \frac{46,51 \text{ m}}{20 \text{ m}}$$

$$N = 2,32 \text{ descidas}$$

❖ Cálculo do comprimento do condutor enterrado horizontalmente



Onde:

L = comprimento do condutor enterrado em metros;

r = resistividade do solo em ohms.m;

R = resistência de aterramento em ohms.

$$L = \frac{2 * 100}{10}$$

$$L = 20m$$

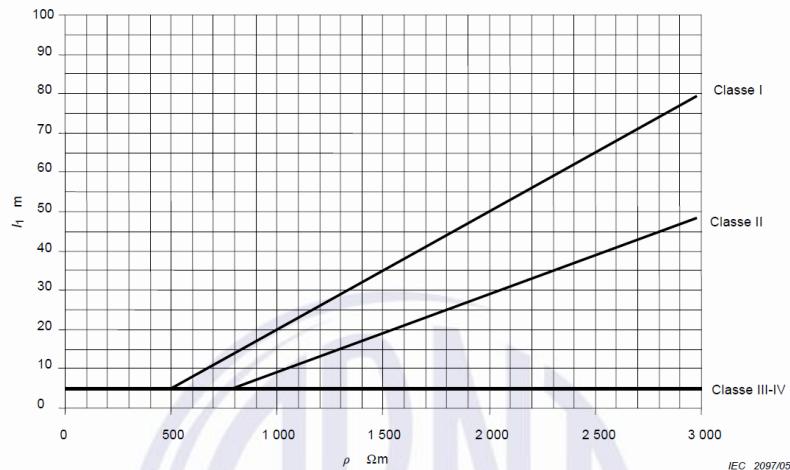
l_1 = comprimento mínimo do eletrodo não natural de acordo com a classe do SPDA.

$$l_1 \text{ (min)} = 5m$$

Figura 3 – l_1



SIGMA PROJETOS E TREINAMENTOS – EPP
CNPJ: 19.780.730/0001-80
CREA-RS: 212309



Retirado da NBR 5419/2015 – parte 3 – pág 18

Re = raio médio da área abrangida pelos eletrodos.

$$Re = \sqrt{\frac{\text{área}}{\pi}}$$

$$Re = \sqrt{\frac{99,75}{\pi}}$$

$$Re = 5,63m$$

$$Re \geq l_1$$

❖ Anéis horizontais de interligação das descidas

Instalação de 1 anel horizontal de aterramento enterrado.

Altura 5m ≤ 20m

Não é necessário anel intermediário.

5.4 ÁREA DE EXPOSIÇÃO 4- h: 6 m

❖ Nível de proteção adotado

Nível IV.

❖ Método utilizado

Método do ângulo de proteção (Franklin).

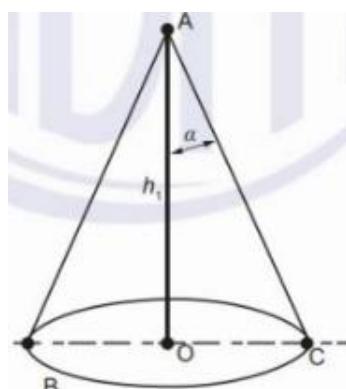
Altura do mastro acima do plano de referência = 3m.

Página 36 de 40

❖ **Zona de proteção**

Verificação analítica.

Figura 5- Elemento captor



$$Rp = h1 \times \operatorname{tg}(\alpha)$$

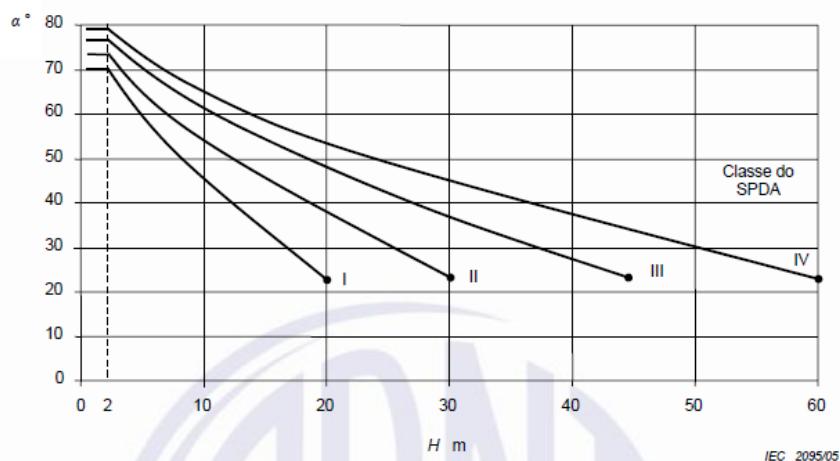
Onde:

Rp = raio de proteção em relação ao plano de referência;

$h1$ = altura de um mastro acima do plano de referência;

α = ângulo de proteção;

Figura 6 - Valores máximos ângulo de proteção



Retirado da NBR 5419/2015 – parte 3 – pág 11

$$Rp = 3m + 6m \times \operatorname{tg}(67^\circ)$$

$$Rp = 21,20m$$

Página 37 de 40

❖ **Cálculo nº de descidas (N)**

Espaçamento máximo (nível IV) = 20m

$$\text{Perímetro} = (\text{largura}) + (\text{comprimento})$$

$$\text{Perímetro} = 24,36\text{m}$$

$$N = \frac{\text{Perímetro}}{\text{espaçamento}}$$

$$N = \frac{24,36\text{ m}}{20\text{ m}}$$

$$N = 1,21 \text{ descidas}$$

❖ **Cálculo do comprimento do condutor enterrado horizontalmente**

$$L = \frac{2 * r}{R}$$

Onde:

L = comprimento do condutor enterrado em metros;

r = resistividade do solo em ohms.m;

R = resistência de aterramento em ohms.

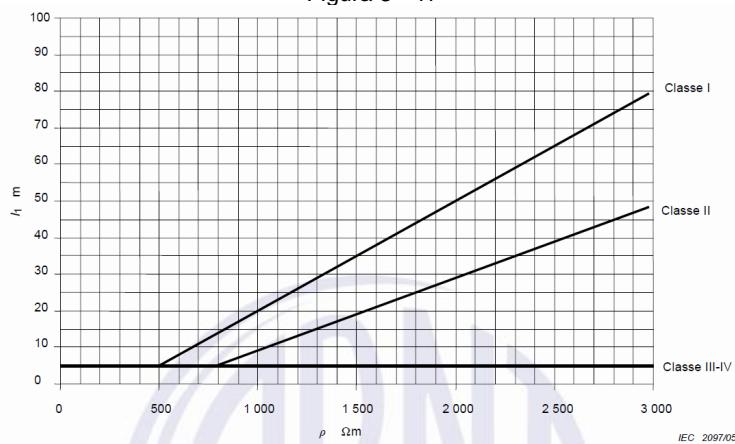
$$L = \frac{2 * 100}{10}$$

$$L = 20\text{m}$$

l_1 = comprimento mínimo do eletrodo não natural de acordo com a classe do SPDA.

$$l_1 \text{ (min)} = 5\text{m}$$

Figura 3 – l_1



Retirado da NBR 5419/2015 – parte 3 – pág 18

Página 38 de 40

Re = raio médio da área abrangida pelos eletrodos.

$$Re = \sqrt{\frac{\text{área}}{\pi}}$$

$$Re = \sqrt{\frac{12,32}{\pi}}$$

$$Re = 1,98m$$

$$Re \leq l1$$

Raio médio é menor que o comprimento mínimo, então devemos fazer a compensação para que este esteja em acordo. A compensação é feita através da inclusão de eletrodos verticais, neste caso, considera-se a haste de aterramento como eletrodo vertical, a qual corresponde a 2,40m.

Portanto:

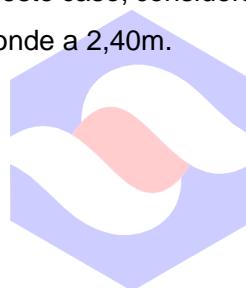
$$lv = \frac{(l1 - re)}{2}$$

$$lv = \frac{(5 - 1,98)}{2}$$

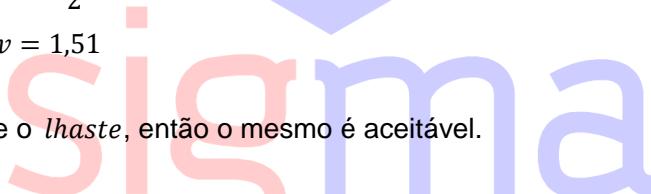
$$lv = 1,51$$

$$lhaste \geq lv$$

$$2,40 \geq 1,51$$



O lv é maior que o $lhaste$, então o mesmo é aceitável.



❖ Anéis horizontais de interligação das descidas

Instalação de 1 anel horizontal de aterramento enterrado.

$$\text{Altura } 5m \leq 20m$$

Não é necessário anel intermediário.

5.5 Número total de descidas

De acordo com os cálculos apresentados acima, utilizaremos um número real e inteiro para definir o valor total de descidas, visto que não temos espaços disponíveis em cada área de exposição para fazer as descidas. Portanto, temos os seguintes resultados, que também seguem em anexo a planta baixa:

$$\text{Área de exposição 01} = 1,95 = 02 \text{ descidas}$$

Página 39 de 40



SIGMA PROJETOS E TREINAMENTOS – EPP
CNPJ: 19.780.730/0001-80
CREA-RS: 212309

Área de exposição 02 = 13,36 = 14 descidas

Área de exposição 03 = 2,32 = 03 descidas

Área de exposição 04 = 1,21 = 02 descidas

Sendo assim, o Presídio contará com 21 descidas.

6. Simulação e verificação do sistema proposto

O sistema de proteção contra descargas atmosféricas foi projetado no software AltoQi Builder através da ferramenta “SPDA”. Primeiramente realizada a avaliação de risco, a qual está disposta no início do presente memorial, e posteriormente feito o dimensionamento do mesmo através das áreas de proteção pré-estabelecidas. Inclusos captores, descidas, malha de aterramento e interligações.

Através da relação entre o ângulo de proteção e a distância do captor à área de exposição, obtém-se o raio de proteção do cone, no plano horizontal considerado. A área de exposição que estiver totalmente contida no cone de proteção, será considerada atendida a verificação para o método Franklin. Tal verificação é feita simultaneamente, o elemento área de exposição é representado como uma área hachurada. Ao processar o projeto SPDA, as áreas protegidas pelos elementos constituintes do sistema de proteção tem suas hachuras removidas, mantendo hachuradas apenas as regiões não protegidas nas áreas de exposição. Como pode ser observado na planta nenhuma área é considerada não protegida, ou seja, não foi apresentada nenhuma demarcação na superfície de cálculo em questão. Desta forma, considera-se que o SPDA projetado está protegendo totalmente a edificação em questão, sendo assim, todas áreas estão inclusas no raio de proteção.

Ijuí, 2 de setembro de 2024.

ANTONIO RODRIGO JUSWIAKI DOS SANTOS
Assinado de forma digital por
ANTONIO RODRIGO JUSWIAKI DOS SANTOS:88475689000
Dados: 2024.09.11 13:32:15 -03'00'

Antônio Rodrigo Juswiaki dos Santos
Eng. Eletricista e Seg. do Trabalho
CREA – RS: 134651

Superintendência dos Serviços Penitenciários
CNPJ: 17.176.399/0001-69

Página 40 de 40