

PROJETO EXECUTIVO DE SPDA E ATERRAMENTO

MEMORIAL DESCRITIVO

Conselho Regional de Enfermagem do Estado de São Paulo (edifício sede)

LOCAL: Edifício Sede – Alameda Ribeirão Preto nº 82 – Bela Vista,

CLIENTE: Coren SP – Conselho Regional de Enfermagem – SP

CONTRATO: 029/2017

PROCESSO: Nº2271/2016

SUMÁRIO

1. OBJETIVO	11
2. NORMATIVA	12
3. DEFINIÇÕES	13
4. ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS	14
4.1. Dados Técnicos	14
4.1.1. Condutores utilizados:	14
4.1.2. Aterramento:	14
4.1.3. Observações:	14
4.2. Supervisão dos serviços	15
4.3. Roteiro para execução dos serviços	15
4.3.1. Remoção da Estrutura da Cobertura	16
4.3.2. Cobertura.....	16
4.3.3. Descidas	17
4.3.4. Abertura do piso e aterramento.....	17
4.4. Antecedentes e documentos de referência	18
4.5. Esclarecimentos técnicos	18
4.6. Solução adotada para sistema de aterramento.....	19
4.6.1. Caixas equipotenciais.....	19
4.7. Arranjo do SPDA	20
4.8. Metodologia de cálculo e dados de partida	20
4.8.1. Geometria da Estrutura	20
4.8.2. Determinação de [Td] (Dias de Trovoada por ano)	21
4.8.3. Avaliação geral de risco.....	21
4.8.4. Nível de Proteção Classificação da Estrutura:	21
4.8.5. Eficiência (E%) do SPDA (função de Ndc e Nd).....	21
4.8.6. Método Utilizado	21
4.8.7. Cálculo do Número de descidas [N]	22
4.8.8. Cálculo do Comprimento da Haste Vertical ou Inclínada	22
4.8.9. Seções dos condutores	23
4.9. Considerações gerais sobre critérios específicos	24

4.9.1. Incidência de trovoadas (mapas isocerânicos).....	24
4.9.2. Área de atração	25
4.9.3. Fórmula para Cálculos	25
4.10. Método de proteção aprovado pela norma	27
4.10.1. Método Franklin.....	27
4.10.2. Método de Faraday	27
4.11. Natureza das coberturas e a aplicação de terminais aéreos.....	28
4.12. Observações sobre a malha geral de aterramento.	29
4.13. Observações sobre a haste de aterramento.....	31
4.13.1. Haste de aterramento aço cobreada.....	31
4.13.2. Materiais	31
4.13.3. Fabricação	31
4.13.4. Identificação.....	32
4.13.5. Acondicionamento	32
4.14. Resistências elétricas.....	33
4.14.1. Resistência elétrica da conexão de aterramento.....	33
4.15. Diretrizes para execução do projeto executivo	33
4.15.1. Subsistemas de Captação:	34
4.15.2. Subsistemas de Descidas:	34
4.15.3. Conexão de medição	35
4.15.4. Malha de aterramento	35
4.15.5. Equalização	36
4.15.6. Cinta em anel	36
4.15.7. Tensão de toque	37
4.15.8. Tensão passo a passo	37
4.15.9. Aterramento reticulado:	38
4.15.10. Aterramento funcional	38
4.15.11. Aterramento de proteção.....	39
4.15.12. Conexões equipotenciais.....	40
4.15.13. Particularidades dos sistemas elétricos, mecânicos e eletromecânicos no projeto de SPDA 41	
4.15.14. Topologia e resistências das malhas de aterramento	42
4.15.15. Resistividade do solo	43
4.15.16. Definição das bitolas e constituição dos materiais dos condutores	44

4.15.17. Descidas	45
4.15.18. Ação de campos eletromagnéticos.....	46
4.15.19. DPS Ilustrativo – Protetor de surto (sobretensões na rede)	47
4.15.20. Memória de Cálculo.....	47
4.16. Materiais Diversos	48
4.16.1. Captor Franklin	49
4.16.2. Haste de Aterramento Cobreada Alta Camada – $\frac{3}{4}$ ” x 2,40 m	49
4.16.3. Caixa de inspeção Tipo Solo.....	50
4.16.4. Condutor de Cobre Nu	50
4.16.5. Cabos de cobre isolados.....	51
4.16.6. Eletrodutos	51
4.16.7. Solda Exotérmica.....	52
4.16.8. Caixas de Passagem	53
4.17. Resultados das avaliações	54
4.18. Informações Gerais	56
4.19. Comentários Técnicos.....	57
4.20. Equalização dos potenciais	57
4.21. Anexos:	58

1. OBJETIVO

O presente memorial descritivo tem como objetivo descrever as instalações de SPDA projetadas para a edificação do Coren Sede. Esclarecendo a todos os envolvidos os procedimentos, materiais adotados, normas técnicas e características gerais do projeto. Serão explicados os aspectos mais importantes da edificação para uma clara compreensão do projeto.

2. NORMATIVA

Normativa utilizada para este projeto:

- a) ABNT NBR 5410: “Instalações elétricas de baixa tensão”
- b) ABNT NBR 5419: “Proteção de estruturas contra descargas atmosféricas”
- c) ABNT NBR 6326: “Produto de aço ou ferro fundido revestido de zinco por imersão a quente”
- d) ABNT NBR 13571: “Hastes de aterramento em aço cobreado e acessórios – especificação”
- e) IEEE Std 80 – 2000: “IEEE Guide for Safety in AC Substation Grounding”.
- f) IEEE Std 665 – 1995: “IEEE Guide for Generation Station Grounding”.
- g) ABNT NBR15749: 2009 - Medição de resistência de aterramento e de potenciais na superfície do solo em sistemas de aterramento;
- h) Norma Regulamentadora NR-10 de 07 de dezembro de 2004 – Ministério do Trabalho e Emprego;
- i) Decreto nº 46.076, de 31 de Agosto de 2001 – Estado de São Paulo;
- j) Decreto nº 11.258, de 16 de Setembro de 1988 – Corpo de Bombeiros

3. DEFINIÇÕES

- a) **Descarga Atmosférica:** descarga elétrica de origem atmosférica entre uma nuvem e a terra ou entre nuvens, constituindo em um ou mais impulsos de vários quilos ampères;
- b) **Raio:** um dos impulsos elétricos de uma descarga;
- c) **Ponto de impacto:** ponto onde uma descarga atmosférica atinge a terra, uma estrutura ou o sistema de proteção captor;
- d) **Eletrodo de aterramento:** elemento ou conjunto 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;
- e) **Eletrodo de aterramento em anel ou malha de aterramento:** eletrodo de aterramento formando um anel fechado em volta da edificação ou estrutura;
- f) **Descida:** parte do SPDA destinada a conduzir a corrente de descarga atmosférica desde o sistema captor até a malha de aterramento;
- g) **Captor:** componente pontiagudo instalado no topo da edificação, destinado a interceptar as descargas atmosféricas;
- h) **BEP:** barramento equipotencial de potência;
- i) **DPS:** dispositivo de proteção de surto destinado a limitar as sobretensões transitórias;
- j) **LEP:** Ligação equipotencial principal;
- k) **TAP:** Terminal de aterramento principal

4. ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS

4.1. Dados Técnicos

SPDA – Sistemas de Proteção contra Descargas Atmosféricas

- l) **Nível de proteção:** Nível II
- m) **Métodos Adotados:** Método de gaiola de Faraday, Franklin,
- n) **Quantidade de Descidas:** 10 descidas laterais na Edificação.

4.1.1. Condutores utilizados:

- a) Captação: Barra chapa de alumínio 7/8" x 1/8" e Terminal aéreo de barra chata de Alumínio 7/8"x1/8 " x 300mm.
- b) Descidas: Também executadas com barramento chato de alumínio 7/8" x 1/8" interconectas ao anel ao redor da Edificação com barramento chato de alumínio 7/8" x 1/8" .
- c) Aterramento: Cabos de cobre nu # 50 mm² enterrados a 0,5 m interligadas a hastes tipo copperweld, alta camada, de 5/8" x 2,4m . ;
- d) Equipotencialização: 50 mm² e 35 mm².
- e) Captação caixa d'água: captor tipo Franklin e anel de barra de alumínio.

4.1.2. Aterramento:

A malha de aterramento será executada em anel, circundando a edificação, com cabo de cobre nu de #50mm² e hastes de cobre de alta camada.

4.1.3. Observações:

As estruturas metálicas devem ser conectadas ao barramento de equipotencialização principal ou local, dependendo de qual esteja mais próxima.

Uma vez executada a obra, a resistência da malha de aterramento deverá ser medida pelo método de queda de potencial e emitido relatório técnico com os valores coletados na medição.

Na hipótese de uso de materiais de tipos diferentes deverão ser tomados cuidados para evitar a formação de par eletrolítico (pilha galvânica). Em caso de dúvida o projetista deverá ser consultado.

O projeto não poderá sofrer alteração sem autorização prévia e explícita do projetista.

Para maiores detalhes técnicos o projeto deverá ser consultado.

4.2. Supervisão dos serviços

A supervisão técnica e gerencial de todo o objeto deverá ser feita por engenheiro eletricista não residente, que deverá, além de realizar visitas periódicas para acompanhamento da obra, também emitir e assinar a Anotação de Responsabilidade Técnica (ART) pela supervisão técnica e execução dos serviços.

A supervisão operacional do serviço de instalação do sistema de SPDA deverá ser feita por encarregado geral residente no local de execução dos serviços, cabendo a este a orientação local dos empregados da contratada durante a execução dos serviços.

Ainda deverá permanecer no local Técnico de Segurança do Trabalho para acompanhamento dos serviços realizados em altura.

4.3. Roteiro para execução dos serviços

O serviço de mobilização deve anteceder todo o começo da execução da obra, levando-se em consideração o deslocamento em segurança do pessoal envolvido e do material a ser implantado.

Deverá ser feita a integração do pessoal (executores da obra, juntamente com o Técnico da Firma Executora e os membros do Coren responsáveis pela Obra), onde serão passadas todas as informações relativas à logística local e a segurança a ser adotada nas

dependências do Prédio. Inclusive o uso obrigatório dos itens de EPI's (Equipamentos de Proteção Individual).

Todas as informações pertinentes à obra serão passadas neste período, como deslocamento de pessoal, horário de trabalho, retirada do material, áreas de segurança, canteiro de obra, pessoas envolvidas, uso de crachás, EPI's e uniformes.

Deverá ser feito/apresentado certificado de treinamento específico em prol da segurança no trabalho em altura e mobilidade neste tipo de serviço (segurança em cadeiras suspensa), em conformidade com a Norma Regulamentadora 18 e 35.

Para realização das descidas serão utilizadas lanças elevatórias telescópicas, as quais deverão atender as limitações estruturais do prédio, com relação à distribuição de carga na laje.

Para a execução dos serviços deverá ser apresentada Anotação de Responsabilidade Técnica antes do início da execução.

4.3.1. Remoção da Estrutura da Cobertura

Realizar a retirada do Sistema de Proteção existente (antigo). O serviço de desmontagem e retirada dos materiais deverá ser feito por eletricista e ajudante de eletricista, acompanhado de Técnico de Segurança da Contratada.

Retirar primeiro os esticadores do mastro e logo em seguida o mastro e suas fixações. As barras chatas, cabos, isoladores e captosres, serão retirados em seguida, procurando ter o máximo de cuidado, para não danificar a estrutura existente no local. Vale lembrar que os usos dos EPI's de segurança são obrigatórios. Em hipótese nenhuma os executores dos serviços deverão acessar a está área caso ameace chuva ou trovoadas. Os materiais retirados deverão ser encaminhados ao local determinado pelo fiscal/supervisor de obra.

4.3.2. Cobertura

Na parte superior do prédio, uma vez retirado os materiais existentes (para raio antigo), começará a montagem do novo sistema de proteção contra descargas atmosféricas,

conforme projeto executivo. Começando com a fixação do mastro de diâmetro de 1 ½" x 3m, com o para raio tipo Franklin, sinalizador noturno de obstáculo, instalação dos cabos e abraçadeiras, interligando a malha de barras chatas de alumínio 7/8" x 1/8" aos captadores (terminais aéreo de barra chata de alumínio 7/8" x 1/8" x 300mm). Colocação de barras chatas de alumínio 7/8" x 1/8" em torno do prédio, na área de cobertura, conforme projeto e Norma NBR 5419, cobrindo todas as partes.

4.3.3. Descidas

Nas descidas, com a montagem dos andaimes e lança elevatória telescópica, começará a preparação para colocação das barras chatas de alumínio, observando-se que está deverá ser fixada totalmente rente à parede. O anel circundando o prédio será feito com barra de alumínio 7/8" x 1/8" interligando as descidas, conforme Projeto.

As descidas e a malha em forma de anel no subsolo deverão ser minuciosamente programadas e a área isolada para serem feitos os serviços, visto que abrange áreas de locomoção de carros e passagens de pedestres. Estão previstos 23 furos "de ½" a serem feitos na laje para passagem dos cabos de descidas do Térreo para o 1º subsolo e do 1º subsolo para o 2º subsolo (detalhe em projeto). **(Os procedimentos de abertura furo na laje devem seguir a Norma Brasileira de Concreto – NBR 6118/2003 – dispõe sobre este assunto nos itens 21.3, 13.2.5 e 13.2.6, abordando os aspectos inerentes a furos, aberturas e canalizações em elementos de concreto armado).**

4.3.4. Abertura do piso e aterramento

Para o anel do aterramento (equalização) realizar aberturas de valas de 30 x 50cm em toda a extensão do prédio (vide projeto), utilizando britadeira de impacto para concreto usinado. Realizada abertura a acabamento, iniciar a passagem de cabo de 50mm² no leito de interligação as hastes com solda exotérmica, e colocação das caixas de inspeção para o aterramento. Utilizar lastro de terra, areia e concreto nivelado para fechamento do leito. Todo o entulho deverá ser colocado nas caçambas.

4.4. Antecedentes e documentos de referência

Não há documentos de referência anterior a este projeto, e as instalações existentes de SPDA, não poderão ser reaproveitadas, exatamente por que não há prova documental da existência de uma malha de aterramento que atenda as disposições normativas, não há localização em planta e os materiais adotados não condizem com o arranjo e definições deste projeto. Que foi elaborado dentro das melhores práticas de instalação de SPDA e obediência a NBR 5419/2015 em vigor.

4.5. Esclarecimentos técnicos

“Instalação de pára-raios deve ser precedida de projeto contendo todos os elementos necessários ao seu completo entendimento, utilizando-se convenções gráficas normalizadas pela ABNT, ou seja, simbologia adequada para o bom atendimento e entendimento por parte do executor.”

Este projeto contemplará a NBR-5419/2015, não abrangendo a proteção elétrica e eletrônica dos subsistemas de: Potência, Telecomunicações, TI, Controle de Processos e Automação e Segurança (CFTV, Incêndio, Controle de Acesso e Busca a Pessoas), para os quais deverá ser desenvolvido projeto dedicado, visando as exigências da NR10 do M.T.E. 8

Considerando-se a natureza probabilística do fenômeno raio, é importante esclarecer que, a luz da tecnologia mundial existente, nenhum projeto de proteção contra choques diretos de raios pode garantir proteção absoluta. Contudo, a experiência científica e técnica evoluíram a um ponto satisfatório no que diz respeito à eficácia dos sistemas de proteção contra descargas atmosféricas, ou seja, minoração dos efeitos desastrosos do choque direto de uma descarga atmosférica em uma estrutura. O aumento do grau de proteção é diretamente proporcional ao volume de dinheiro que for investido, portanto a filosofia do investidor tem que se basear no grau de risco que o mesmo pretende correr.

Dentre os fatores de difícil equacionamento que compõem o contexto da ocorrência do fenômeno podemos citar o estabelecimento de uma precisa distância de atração de uma estrutura captadora, posto que isto é variável e se dá principalmente em função: Do volume de cargas contido no canal líder descendente do raio, altura das estruturas, bolsões de cargas distribuídos pela atmosfera, ventos, etc.

Os padrões técnicos internacionalmente adotados na proteção contra choques diretos de raios não prevêm eficiência na cobertura de áreas abertas, mas sim, se destinam exclusivamente a proteção de estruturas e edificações. Para proteção adequada de pessoal em áreas abertas aconselha-se seu imediato recolhimento ao interior de estruturas.

4.6. Solução adotada para sistema de aterramento

Para execução do sistema equipotencial de aterramento para toda a planta, adotamos o esquema de aterramento TN-S, o qual utiliza o sistema de Neutro e condutor de proteção individuais e distintos em toda a instalação. Visando a instalação de componentes como DPS e disjuntores residuais DR, que utiliza Neutro e PE separados.

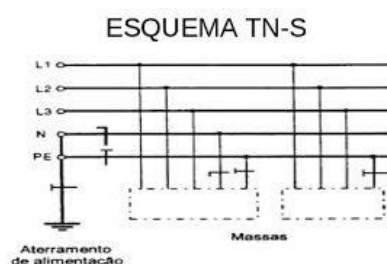


Figura 1 – Esquema TN-S

O sistema de aterramento do tipo TN-S, utilizando-se o conceito de terra unificado (na entrada do sistema). O Neutro e o condutor de proteção andam separados em toda a instalação.

Barras de equipotencial interligarão os sistemas de aterramento elétrico de telecomunicações, tubulações de água e demais sistemas que necessitem de aterramento. As instalações existentes usam o Neutro e terra num mesmo condutor.

4.6.1. Caixas equipotenciais

Todas as massas metálicas como portas, venezianas, grades de proteção, acionamentos, bases, tampas de canaletas etc. deverão ser solidamente aterrados a uma barra Barramento Equipotencial de Potencia - BEP.



Figura 2 – Barramento equipotencial – BEP

4.7. Arranjo do SPDA

O projeto de SPDA está baseado na NBR 5419/2015 e, conforme o anexo B, será implantado o SPDA classificado com o nível de proteção II, relativo a instalações em áreas de escritórios, conforme tabela B.6 da NBR 5419/2015.

O sistema de proteção previsto ao longo de toda a cobertura da edificação existente será constituído de gaiola de Faraday.

Utilizaremos como gaiola e descidas barra chata de alumínio, visando deixar o mais próximo da estrutura. Evitando danos acidentais e melhorando consideravelmente a estética das instalações. As coberturas não possuem platibanda e não é possível esconder os cabos montados sobre suportes elevados que dão um aspecto esquisito as instalações. Desta forma com o barramento chato fixo diretamente sobre o telhado, além de maior eficiência, menos manutenção e maior longevidade, e ainda estabelecemos um acabamento agradável aos olhos do visitante.

4.8. Metodologia de cálculo e dados de partida

O telhado é constituído de laje e a malha de aterramento do sistema existente é desconhecida por não existir projeto anterior, os materiais utilizados não são indicados em nenhum documento técnico e o laudo técnico de inspeção e as medições realizadas, apontam irregularidades no sistema instalado, de forma que não atende as disposições da NBR 5419.

4.8.1. Geometria da Estrutura

- a) Comprimento = 37,40 m
- b) Largura = 16,70 m
- c) Altura = 40 m

4.8.2. Determinação de [Td] (Dias de Trovoada por ano)

- a) Mapa de curvas Isocerânicas utilizado: Brasil – Região sudeste
- b) Td = 50 Dias de Trovoada por ano

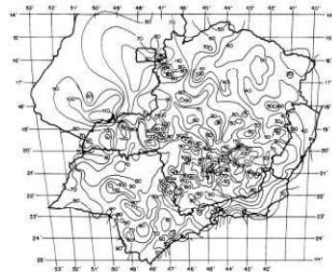


Figura 3 - Mapa Isoceraunico

4.8.3. Avaliação geral de risco

$$N_{dc} \geq N_c$$

N_{dc} maior ou igual a N_c adotado, é necessária a instalação de um SPDA.

Conforme determinação da Norma técnica NBR-5410.

4.8.4. Nível de Proteção Classificação da Estrutura:

Estruturas comuns

Tipo da Estrutura: Prédio de Escritórios.

Nível de Proteção: II

4.8.5. Eficiência (E%) do SPDA (função de N_{dc} e N_d)

$$E(\%) = 100$$

4.8.6. Método Utilizado

Método Franklin

Ângulo de Proteção (α)

Altura do Captor Ângulo (Graus) [Nível de Proteção II]

0 - 20m 55°

21 - 30m 45°

31 - 45m 35°

46 - 60m 25°

> 60m *Utilizar Método da Gaiola de Faraday

4.8.7. Cálculo do Número de descidas [N]

Área = 24.983

Altura = 40 m.

Perímetro = 94,1 m.

Cantos Salientes da Estrutura = 4

Nível de Proteção II: Espaçamento médio = 10m

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

$N = \geq 2$ (para descidas não naturais)

$N = 10$ descidas

4.8.8. Cálculo do Comprimento da Haste Vertical ou Inclinada

Haste Vertical ou Inclinada

$r = 200 \text{ ohms.m}$ [resistividade do solo] - (adotada ou informada pelo cliente, através do laudo das medições da resistividade do solo)

$R = 122 \text{ ohms}$ [Resistência de aterramento]

L = Comprimento da Haste em (m)

$L = r / R$

$L = 200 / 122$

$L = 10 \text{ m}$

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

$L = 1,6 \text{ m}$

$Re=33.74m$ [Raio médio da área abrangida pelos eletrodos],

Comprimento Adicional: $[Re \geq (1)]$ [ok].

Anéis horizontais de interligação das descidas

Instalação de 1 Anel horizontal de aterramento enterrado

Altura: $20m \leq 40m$ (É necessário anel horizontal intermediário).

4.8.9. Seções dos condutores

Captor e Anéis Intermediários:

Cobre = 35mm^2

Alumínio = 70mm^2

Aço Galvanizado a fogo ou embutido em concreto = 50mm^2

Condutor de Descida

Altura: $7m \leq 20m$

Cobre = 16mm^2

Alumínio = 25mm^2

Aço Galvanizado a fogo ou embutido em concreto = 50mm^2

Condutor Horizontal de aterramento enterrado

Cobre = 50mm²

Aço Galvanizado a fogo ou embutido em concreto = 80mm²

4.9. Considerações gerais sobre critérios específicos

4.9.1. Incidência de trovoadas (mapas isocerânicos)

Uma trovoadas pode ser definida como o conjunto de fenômenos eletromagnéticos, acústicos e luminosos que ocorrem numa descarga atmosférica.

Índice cerânico: número de dias que ocorrem trovoadas em uma dada localidade.

Mapa isocerânico: mapa com a união das localidades com seus índices cerânicos.

Se olharmos o mapa isocerânico notaremos que existem regiões com índice muito baixo (1 a 5) e outras de nível muito alto (120 a 250), notamos ainda que na região do equador concentram-se as de maior valor e nos continentes existem maiores concentrações que nos oceanos.

Para técnica de proteção o importante é saber a densidade de raio por km² por ano, se este parâmetro for conhecido será fácil calcular a probabilidade de queda de raios por ano, em uma área.

Os especialistas e empresas de energia usam contadores de raios que são dispositivos que possuem uma antena captora que captam as radiações eletromagnéticas emitidas pelos raios e as registram em um dispositivo contador (raio de ação do contador +/- 20 km).

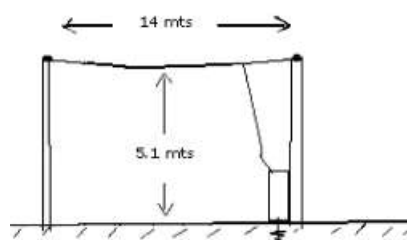
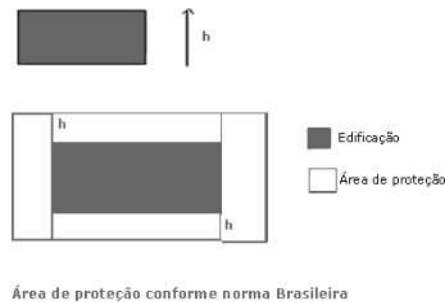


Figura 4 - Detector de raios com antena horizontal

4.9.2. Área de atração

É a área da vista aérea aumentada proporcionalmente a uma vez a altura da estrutura (NBR5419) e três vezes a altura IEC1024-I.

**Figura 5** – Área proteção

4.9.3. Fórmula para Cálculos

Formação paralelepipedica: $A_p = \text{área} + (2 \times \text{área base}) + (\pi \times h^2)$

Densidade de raios: $N_g = 0,04 \times T_d^{1,25}$ (T_d = número de dias com trovoadas)

Com a área de proteção calcula-se a probabilidade de queda de raios:

$$P = A_p \times N_g \times 10^{-6}$$

Logo teremos a probabilidade de ocorrência de raios em uma determinada estrutura, ou seja, de quantos em quantos anos cairá um raio na estrutura.

Com isto podemos calcular a obrigação de proteção ou não pela norma:

$$P_0 = P \times A \times B \times C \times D \times E$$

Se $P_0 \leq 10^{-5}$ será desnecessário, se $P_0 > 10^{-3}$ será obrigatório a proteção e $P_0 \approx 10^{-3}$ a decisão do uso ou não ficará a cargo do projetista.

Fatores A, B, C, D, E de atração de raios.

Tabela 1 – Fator de ponderação quanto ao tipo de ocupação.

Tipo de ocupação	Fator A
Casas	0,3
Casas com antenas externas	0,7
Fábricas e laboratórios	1,0
Escritórios, hotéis, apartamentos	1,2
Shopping, estádios, exposições	1,3
Escolas e Hospitais	1,7

Tabela 2 – Fator de ponderação quanto ao material de construção

Material de construção	Fator B
Metal revestido, não metálico	0,2
Concreto, cobertura não metálica	0,4
Metal ou concreto, cobertura metálica	0,8
Alvenaria	1,0
Madeira	1,4
Alvenaria ou madeira com cobertura metálica	1,7
Cobertura de palha	2,0

Tabela 3 – Fator de ponderação quanto ao conteúdo do local

Conteúdo	Fator C
Comum, sem valor	0,3
Sensível a danos	0,8
Subestação, gás, Telecom.	1,0
Museu e monumentos	1,3
Escolas e hospitais	1,7

Tabela 4 - Fator de ponderação quanto à localização

Localização	Fator D
Rodeado por árvores ou estruturas	0,4
Semi-isolada	1,0
Isolada	2,0

Tabela 5 - Fator de ponderação quanto à topografia

Topografia	Fator E
Planície	0,3
Colina	1,0
Montanha, 300 a 900 m.	1,3
Montanha acima de 900 m.	1,7

4.10. Método de proteção aprovado pela norma

Uma vez feita a análise de necessidade da proteção de uma determinada estrutura e determinado o nível de proteção necessária, o próximo passo é escolher o sistema de proteção (Gaiola de Faraday, Franklin, Modelo Eletrogeométrico – EGM ou misto).

4.10.1. Método Franklin

Este método se baseia no uso de captos pontiagudos colocados em mastros verticais para se aproveitar os efeitos das pontas, (quanto maior a altura maior o volume protegido), volume este que tem a forma de um cone formado pelo triângulo retângulo girado em torno do mastro.

No caso de condutores horizontais suportados por hastes verticais, será obtido pelo deslocamento horizontal do cone de proteção desde a posição de uma haste até a posição da outra haste.



Figura 6 - Volume de proteção de haste vertical

4.10.2. Método de Faraday

Este método consiste em instalar um sistema de captos formado por condutores horizontais interligados em forma de malha, quanto menor for a distância entre os condutores da malha melhor será a proteção obtida.



Figura 7 – Método de Faraday

Tabela 6 – Ângulo de proteção.

NIVEL/H	$\theta/ H \leq 20M$	$\theta/ H \leq 30M$	$\theta/ H \leq 45M$	$\theta/ H \leq 60M$
I	25°	×	×	×
II	35°	25°	×	×
III	×45°	35°	25°	×
IV	55°	45°	35°	25°
-	MÉTODO DE PROTEÇÃO ADOTADO			
CLASSE DO SPDA	RAIO DA ESFERA ROLANTE –R m	MÁXIMO AFASTAMENTO DOS CONDUTORES DA MALHA m	ÂNGULO DE PROTEÇÃO α^0	
I	20	5X5	Ângulo de proteção correspondente a classe de SPDA. ABNT NBR 5419-3 Pag-11	
II	30	10X10		
III	45	15X15		
IV	60	20X20		

Pequenos captadores verticais, com 50 cm de altura, separados por uma distância de 5 a 8 metros ao longo dos condutores da malha, conforme norma inglesa BS 6651.

4.11.Natureza das coberturas e a aplicação de terminais aéreos

Dada a natureza da física da circulação de correntes de raios sobre as superfícies das estruturas das edificações, em se tratando de superfícies de massas metálicas significativas, considerando-se a grande distorção do campo elétrico que as mesmas provocam as medidas complementares de proteção, são restritas e praticamente nada pode ser feito para evitarem-se impactos diretos.

Contudo, pode-se aumentar a probabilidade de impactos pontuais sobre artefatos com função específica, provocando aumento de campo elétrico em pontos pré-determinados com aplicação de terminais aéreos de pequeno porte (altura de ≈ 30 cm). Certamente estes artefatos não têm grande poder de direcionamento de impactos, contudo, em grande número aumenta a probabilidade da ocorrência de impactos sobre si, aumentando, o grau probabilístico de proteção das superfícies expostas com outras funções específicas.

4.12. Observações sobre a malha geral de aterramento.

A Malha Geral visa primordialmente à minoração do “rate” de atenuação da queda de potencial ao longo das distâncias, para epicentros de injeções de correntes de pulsos de alta frequência, sejam estas injeções ocorrendo diretamente na Malha ou por acoplamento de frentes de ondas partidas de pontos remotos.

Uma pesada injeção de corrente no solo define um epicentro de propagação com uma acentuada queda de potencial ao longo das distâncias radiais gerando perigosos gradientes de potencial para as referências elétricas dos sistemas.

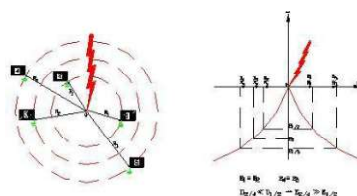


Figura 8 - Representação gráfica da distribuição de potenciais no solo durante a injeção de corrente de raio

Deve-se considerar também que correntes de raios são de natureza muito diferente das correntes elétricas conhecidas (60 Hz), por circularem em altíssima velocidade, não através do cerne dos condutores, mas sim com muito maior incidência por suas superfícies.

Para a atividade cerâmica típica do Brasil, um choque de raio pode dissipar uma corrente média de 40 kA em um tempo total de escoamento de 200 microssegundos, chegando ao pico de corrente em 20 microssegundos (a notação negativa da corrente atem-se à polaridade mais comum das descargas), assim estimamos a frequência do pulso em aproximadamente 500 kHz. Ou seja, vamos ter uma enorme reflexão de onda no momento da injeção, uma polarização progressiva das camadas superficiais do solo e um surto de impedância colossal para a penetração às camadas mais profundas.

Quanto à eficácia do “aterramento”, o que interessa, portanto não é o valor da resistência elétrica do aterramento medido pelo terrômetro, mas sim o comportamento do escoamento dos pulsos pela superfície do solo, favorecido pelo menor surto de impedância

possível. NO entanto em obediência a NBR 5419 o melhor é que o valor esteja próximo e abaixo de 10Ω .

Devem ser consideradas com cautela as medições de aterramento feitas através dos métodos usuais para a avaliação da componente resistiva da impedância total do sistema, visto que, em se tratando de sistemas de proteção contra descargas atmosféricas, os critérios deveriam ir além da indicação contida na norma ABNT NBR 5419 que, aliás, é omissa neste particular.

É necessário esclarecer que em se tratando de pulsos de frequência elevada o que conta é a impedância do sistema de aterramento, a qual é composta não só pelo fator resistivo, mas principalmente pela reatância indutiva. Assim sendo, as medidas obtidas conforme o prescrito em norma devem ser mais indicações qualitativas de continuidade elétrica ou contato eletroquímico com o solo, do que valores indicativos da impedância de aterramento, até porque há uma grande quantidade de massas metálicas enterradas, o que sem dúvida, constitui-se num fator de distorção ou influência nas medições bastante significativas.

Os valores obtidos são oriundos de uma medição dentro da "área de influência" das massas metálicas enterradas por restrições naturais do método da queda de potencial e devido à extensão daquelas massas metálicas enterradas (como o hidrantes, malhas de proteção de pisos, ferragens de baldrame, etc.) por onde também circulam as correntes injetadas.

Em suma estas medidas não podem ser tomadas como algo extremamente significativo fisicamente para o processo de circulação de um surto de alta frequência oriundo de uma descarga atmosférica, já que são representativas de somente uma componente da impedância total do sistema (componente reativa, de importância para baixas frequências) ao passo que a impedância total é:

$$X_t = X_f = X_c + X_i \quad \text{onde } X = 2\pi FL$$

F = frequência do surto

L = indutância do sistema

A reatância indutiva X_L é extremamente importante e não considerada nos métodos usuais de medição. Portanto, a medição tradicional solicitada por norma deve ser avaliada muito mais "qualitativamente" sob o ponto de vista de "resistências de contato" dos

eletrodos e partes da estrutura com o solo, continuidade, etc., do que "quantitativamente" como valores que vão definitivamente qualificar o desempenho do sistema.

4.13. Observações sobre a haste de aterramento

Conforme norma ABNT NBR 13571:1996 – Haste de aterramento aço cobreada e acessórios. Podemos utilizar como referência esses seguintes itens:

4.13.1. Haste de aterramento aço cobreada

Eletrodo de aterramento constituído por uma barra cilíndrica rígida de aço cobreado por eletroposição.

4.13.2. Materiais

As hastes de aterramento aço cobreadas e seus acessórios devem ser fabricados com materiais de primeira qualidade que suportem as condições elétricas, mecânicas e químicas – resistência à corrosão – a que são submetidos quando instalados.

Nas hastes de aterramento aço cobreadas são utilizados, basicamente, aço-carbono para o seu núcleo e cobre para a sua parte externa protetora. Em seus acessórios são utilizados ligas de cobre de características elétricas, mecânicas e de resistência à corrosão que atendam às condições adequadas ao seu bom funcionamento.

4.13.3. Fabricação

Uma haste de aterramento aço cobreada é constituída por uma barra cilíndrica trefilada de aço-carbono recoberta por uma camada de cobre protetora contra corrosão.

O conector de aterramento e a luva de emenda utilizada em combinações extensíveis devem ser fabricados em ligas de cobre de alta resistência mecânica. Uma das extremidades da haste deve ter ponta conforme indicado na figura abaixo deste memorial, e figura 1 do anexo A da NBR 13571:1996 , a fim de facilitar sua penetração no solo.

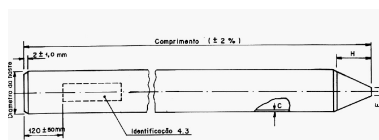


Figura 9 -

4.13.4. Identificação

Na extremidade superior das hastes de aterramento aço cobreadas devem constar, de forma legível e indelével, as seguintes marcações:

- a) Nome ou marca do fabricante;
- b) Dimensões (comprimento, diâmetro e espessura da camada de cobre);
- c) Número desta norma;
- d) Data de fabricação: mês/ ano

O conector de aterramento e a luva de emenda devem ser identificados com as seguintes marcações, de forma legível e indelével:

- a) Nome ou marca do fabricante;
- b) Dimensões que os relacione com a haste.

4.13.5. Acondicionamento

As hastes de aterramento aço cobreadas devem ser acondicionadas em feixe ou amarrados, cintados, a critério do fabricante, em dois ou três pontos em função de seu comprimento, em seus extremos ou seu centro e extremos, de maneira facilitar a sua movimentação.

Não é permitida a utilização de papel ou papelão simples ou corrugado em contato direto com as hastes de aterramento aço cobreadas, pois estes, sob efeito de água ou umidade, podem causar a corrosão das hastes.

4.14. Resistências elétricas

4.14.1. Resistência elétrica da conexão de aterramento

A resistência elétrica equivalente da conexão entre haste e condutor de aterramento é dada pela soma de três parcelas;

- a) Resistência elétrica de contato entre haste e conector de aterramento;
- b) Resistência elétrica do próprio conector de aterramento;
- c) Resistência elétrica de contato entre conector de aterramento e condutor de aterramento;

4.15. Diretrizes para execução do projeto executivo

Procuramos dar as soluções de Engenharia a qual adotamos na elaboração do projeto executivo do SPDA, considerando-se a integração estética, quanto funcional de forma absolutamente satisfatória em relação aos sistemas elétricos, mecânicos eletromecânicos e estruturais existentes nas áreas das edificações e estruturas operacionais.

Já em definitivo para o Projeto Executivo, adotamos abaixo, o melhor nível que se adequa ao sistema Coren – Sede.

Tabela 7 – Nível de Proteção/Classe de SPDA:

NÍVEL DE PROTEÇÃO	CLASSE DE SPDA
I	I
II	II
III	III
IV	IV

Tabela 8 – Nível de Proteção/Classe de SPDA:

MÉTODO DE PROTEÇÃO ADOTADO			
CLASSE DO SPDA	RAIO DA ESFERA ROLANTE –R m	MÁXIMO AFASTAMENTO DOS CONDUTORES DA MALHA (m)	ÂNGULO DE PROTEÇÃO α^0
I	20	5X5	Ângulo de proteção correspondente a classe de SPDA. ABNT NBR 5419-3 Pag-11
II	30	10X10	
III	45	15X15	
IV	60	20X20	

Tabela 9 – Distâncias dos condutores de descidas

CLASSE DO SPDA	DISTÂNCIAS
I	10
II	10
III	15
IV	20
Nota: É aceitável que o espaçamento dos condutores de descidas tenha no máximo 20% além dos valores acima.	

4.15.1. Subsistemas de Captação:

Devido à geometria do Prédio e em função do nível adotado, foram usados os seguintes métodos:

- a) ângulo de proteção (método Franklin); e
- b) condutores em malha ou gaiola (método Faraday).

NOTA - Captores em malha consistem em uma rede de condutores dispostos no plano horizontal ou inclinado sobre o volume a proteger.

Gaiolas de Faraday são formadas por uma rede de condutores envolvendo todos os lados do volume a proteger, conforme modulação nas tabelas 7, 8 e 9.

No projeto foram considerados tanto o método Franklin quanto um mastro de 03 metros estanhado, protegendo a área mais alta da edificação, onde se encontra a Caixa d'água superior, antenas e estruturas metálicas neste entorno, quanto a gaiola de Faraday, conforme modulações acima (10x10)m, atendendo a classe específica.

Está modulação será feita com o uso de barras chatas de Alumínio de 7/8"x 1/8" fixadas na laje com parafuso e buchas – M45 de 3/4" com buchas S-8, com isoladores altura 50mm, diâmetro:44mm de cor cinza claro com conjunto de base + tampa. Os isoladores poderão também ser fixados com cola. Os Captores serão de 260mm, fixados na barra chata de alumínio, para maior proteção e direcionamento da corrente que venha incidir no local.

4.15.2. Subsistemas de Descidas:

A quantidade de descidas foi determinada em função do Perímetro do Prédio.

No Projeto foram previstos 10 descidas em função de seu perímetro, interligadas ao sistema de captação e ao aterramento. Também foram consideradas as barras chatas de alumínio 7/8"x1/8" fixadas na fachada da Edificação com parafusos e buchas. Prevendo-se não mudar muito a estética da fachada, antes da instalação da barra chata de alumínio de descida, raspar o local (concreto da fachada), para que a barra fique o mais discreto possível e rente ao concreto (engastado no reboco), sem afetar o objetivo principal.

Para diminuir o risco de centelhamento perigoso, os condutores de descida foram dispostos de modo que:

- a) a corrente percorra diversos condutores em paralelo;
- b) o comprimento desses condutores sejam o menor possível.

Também foi previsto em função de estética da fachada, para não agredir a Arquitetura, uma pintura da cor do concreto na barra chata de alumínio.

4.15.3. Conexão de medição

Foi previsto, para cada condutor de descida, uma conexão de medição, instalada próxima do ponto de ligação ao eletrodo de aterramento. A conexão deve ser desmontável por meio de ferramenta, para efeito de medições elétricas, mas deve permanecer normalmente fechada. A interligação da caixa de medição ao aterramento (solda exotérmica), será feita com cabo de cobre nu 35mm².

Em cada final de descida deverá ter um condutor de cobre em contato com o solo que garanta uma ligação elétrica (eletrodo de aterramento) de 5/8"x2,40cm de comprimento.

4.15.4. Malha de aterramento

A malha será enterrada a uma profundidade de 50cm e fechada em anel em toda a área no subsolo com cabo de 50mm² com caixas para inspeção e medição com tampa reforçada metálica, onde estarão as hastes terra interligadas e onde os cabos serão fixados com solda exotérmica, evitando-se com isto corrosões, desgastes do material e mau contato.

4.15.5. Equalização

A equalização de potencial está prevista para reduzir os riscos de incêndio, explosão e choques elétricos dentro do volume a proteger na edificação.

A equalização de potencial é obtida mediante condutores de ligação eqüipotencial, eventualmente incluindo DPS (dispositivo de proteção contra surtos), interligando o SPDA, a armadura metálica da estrutura, as instalações metálicas, as massas e os condutores dos sistemas elétricos de potência e de sinal, dentro do volume a proteger.

A ligação eqüipotencial está prevista na parte superior interligando as massas metálicas e no subsolo, ou próximo ao quadro geral de entrada de baixa tensão. Os condutores de ligação eqüipotencial devem ser conectados a uma barra de ligação eqüipotencial principal, construída e instalada de modo a permitir fácil acesso para inspeção. Essa barra de ligação eqüipotencial deve estar conectada ao subsistema de aterramento;

4.15.6. Cinta em anel

Em atenção à norma, adotamos uma cinta transversal para equalização do sistema.

Está cinta ao redor da Edificação será fixada com barra chata de alumínio de 7/8" x 1/8".

Segurança das estruturas – Lesões aos seres vivos

O SPDA aplicado aqui foi projetado para interceptar as descargas atmosféricas diretas à estrutura, incluindo as descargas laterais, e conduzi-la à terra. O objetivo foi pensado em dispersar esta corrente na terra sem causar danos térmicos ou mecânicos, nem centelhamentos perigosos, que possam iniciar fogo, explosões e danos físicos.

A probabilidade de penetração da corrente da descarga atmosférica na estrutura diminuiu muito (limitou-se), considerando-se o uso de subsistemas de captação para esta composição a qual foi prevista, a saber:

- a) Hastes
- b) Mastro
- c) Condutores

d) Malhas

Considerando-se a proximidade dos condutores de descidas de um SPDA, externo a estrutura, poder trazer risco de vida, mesmo que o SPDA tenha sido projetado conforme a norma Vigente e todas as proteções acima implantadas.

4.15.7. Tensão de toque

Caso uma pessoa toque em um equipamento ou uma área sujeita a uma tensão de contato (tensão que pode ocorrer quando de uma descarga atmosférica quando da falha de isolamento) pode ser estabelecida uma tensão entre as mãos e pés chamada tensão de toque. Em consequência poderemos ter a passagem de uma corrente elétrica pelo braço, tronco e pernas cuja duração e intensidade poderão provocar a fibrilação cardíaca, queimaduras ou outras lesões graves ao organismo.

Para as medidas de proteção contra tensões de toque foram levadas as considerações abaixo para implantação do Projeto:

- a) A probabilidade da aproximação de pessoas, ou a duração da presença delas fora da estrutura protegida e próximas aos condutores de descida, for muito baixa e considerando-se proteções mecânicas (eletrodutos e fitas isolantes líquidas) nas descidas, teremos estas como medidas de proteção e isolamento por inteiro no contato accidental.
- b) O subsistema implantado possui 10 caminhos naturais de descidas, a qual é considerada como uma das medidas de proteção para melhor fluir as descargas atmosféricas, diminuindo o risco.
- c) A resistividade da camada superficial do solo, até 3 m de distância dos condutores de descida é maior que $100\text{K}\Omega\cdot\text{m}$ (Norma 5419 item 08 Parte 03).

4.15.8. Tensão passo a passo

Foi levada em consideração também a Tensão de Passo a qual é definida abaixo e explicado o porquê desta proteção em projeto.

Quando uma corrente elétrica é descarregada para o solo e ocorre uma elevação do potencial em torno do eletrodo de aterramento forma-se um gradiente de queda de tensão

cujo ponto máximo esta junto ao eletrodo e o ponto mínimo muito afastado dele .Se uma pessoa estiver em pé em qualquer ponto dentro da região onde há essa distribuição de potencial, entre seus pés haverá uma diferença de potencial chamada de tensão de passo a qual é geralmente definida para uma distância entre seus pés de 1 metro.

Os riscos serão reduzidos a um nível tolerável com a implantação dos itens acima mencionados evitando-se com isto tensão de toque e tensão de passo.

Pretende-se melhorar ou evitar as tensões de passos, impondo restrições físicas (barreiras) ou sinalização de alerta para minimizar a probabilidade de acesso à área perigos, até 03 metros dos condutores de descida,

4.15.9. Aterramento reticulado:

Construção de eletrodo de aterramento reticulado complementar no entorno do condutor de descida.

4.15.10. Aterramento funcional

Este tipo de aterramento é usado para proteger os equipamentos, através do neutro, que conduz uma corrente residual. É claro que o DR – Dispositivo de proteção, para funcionar bem tem que estar em perfeitas condições de aterramento, ou seja, ter uma malha de aterramento interligada ao sistema de aterramento do SPDA.

Para este aterramento conforme mostra o projeto executivo, não está sendo previsto nenhuma consideração, já que se trata de aterramento de proteção para equipamentos.

E os DPS cuja função passa a ser de proteger a rede de energia contra descargas atmosféricas.

Neste caso o sistema exige uma malha de aterramento boa, para que possa numa eventual descarga atuar e proteger o sistema.

4.15.11. Aterramento de proteção

Como o nome diz aterramento de Proteção, com base em dados disponíveis e parâmetros pré fixados, sejam consideradas todas as possíveis condições a que o sistema possa ser submetido. Na elaboração do Projeto, foi realizado estudo e as características do solo, principalmente sua resistividade elétrica, para que possamos ter uma melhor proteção e segurança. Proteger o usuário do equipamento das descargas atmosféricas, através da viabilização de um caminho alternativo para a terra, descarregar cargas estáticas acumuladas nas carcaças das máquinas ou equipamento para a terra.

Facilitar o funcionamento dos dispositivos de proteção, através da corrente desviada para a terra. Seguem objetivos principais do Projeto:

Pensar em obter uma resistência de aterramento a mais baixa possível, para correntes de falta a terra;

- a) Manter os potenciais produzidos pelas correntes da falta dentro de limites de segurança de modo a não causar fibrilação;
- b) Fazer que equipamentos de proteção sejam mais sensibilizados e isolem rapidamente as falhas à terra;
- c) Proporcionar um caminho de escoamento para terra de descargas atmosféricas;
- d) Fazer uma conexão com toda a terra.

Existem 4 itens de extrema importância em um sistema de aterramento:

- a) Baixa indutância- conseguida com eletrodos ou hastes de aterramento de excelente qualidade.
- b) Baixa Impedância – conseguido com tratamento de solo, o que proporcionará boa resistividade e conseqüentemente garantia de condutividade elétrica entre haste e solo.
- c) Conectores que não permitam fuga de tensão.
- d) E finalmente sistema de aterramento mantido sempre úmido, conseguido desde que deixe-se uma maneira de receber água sempre que necessário.

A impedância de aterramento pode ser conceituada como a oposição oferecida pelo solo à injeção de uma corrente elétrica no mesmo, através dos eletrodos, e se expressa

quantitativamente por meio da relação entre a tensão aplicada ao aterramento e a corrente resultante.

Resistência de Aterramento

$$R_T = V/I$$

É a relação entre a tensão aplicada a um aterramento e a corrente resultante.

Como prevemos acima e através do relatório de risco, o estudo e Projeto propõem executar o sistema de proteção, partindo-se do início ou seja do zero, executar conforme as normas e as características do local e do Prédio.

4.15.12. Conexões equipotenciais

O aterramento e a equipotencialização adequados a este tipo de edificação, estão baseados em um sistema combinado, ou seja, o nosso subsistema de aterramento dispersando as correntes das descargas atmosféricas no solo e a malha de equipotencialização minimizando as diferenças de potencial e reduzindo o campo magnético que possa formar ou induzir em uma área em função de uma descarga atmosférica.

No caso em especial, estamos considerando uma malha com cabo de cobre nu 50mm², no subsistema interligado a todas as descidas no total são 10 com cabo de 35mm², que faz a equipotencialização do sistema.

Está equipotencialização do subsistema é também complementada com barras de equipotencialização tanto na parte superior a Edificação, quanto no subsolo.

Estas barras deverão ser instaladas para reduzir a tensão entre todos os condutores que adentram a está área, o condutor de proteção PE,

Os componentes metálicos internos, e interligações as estruturas metálicas existentes.

Estamos prevendo a eficiência desta equipotencialização baseada em uma baixa impedância da rede a ser equipotencializada e considerando também que a barra deverá estar o mais perto e retilínea da malha de aterramento,

Consideramos também para este caso em função da altura da Edificação um anel ao redor desta em barras chatas de alumínio interligada ao sistema para manter a equipotencialização.

As Conexões equipotenciais também foram previstas conforme o estudo de localização, tipo de Prédio e análise de riscos, conforme a Norma, partindo-se de um estudo novo, ou seja, prever o melhor sistema de conexões equipotenciais para este caso.

4.15.13. Particularidades dos sistemas elétricos, mecânicos e eletromecânicos no projeto de SPDA

Prevendo-se que os sistemas elétrico e eletrônico estão sujeitos a danos devido a impulsos eletromagnéticos causados por descargas atmosféricas, adotamos a adoção das medidas de Proteção contra Surtos. Em função da análise de risco.

Neste caso específico, sabendo-se que a Edificação é composta por várias áreas a serem protegidas, adotamos o uso de um DPS no quadro elétrico de entrada de energia, visto que com um bom sistema de aterramento e uma rede de equipotencialização pode-se ter uma dispersão das correntes de descarga atmosféricas e diminuição das diferenças de potencial, reduzindo com isto o campo magnético. Com a instalação de barras de equipotencialização, reduzimos a tensão em todos os condutores que adentram a Edificação (através de DPS), o condutor de proteção PE e componentes metálicos dos sistemas.

Qualquer outro plano ou medidas de proteções para a edificação, acarretaria em mudanças bruscas e valores altos, pois esta edificação já é existente, não estamos partindo de uma construção nova.

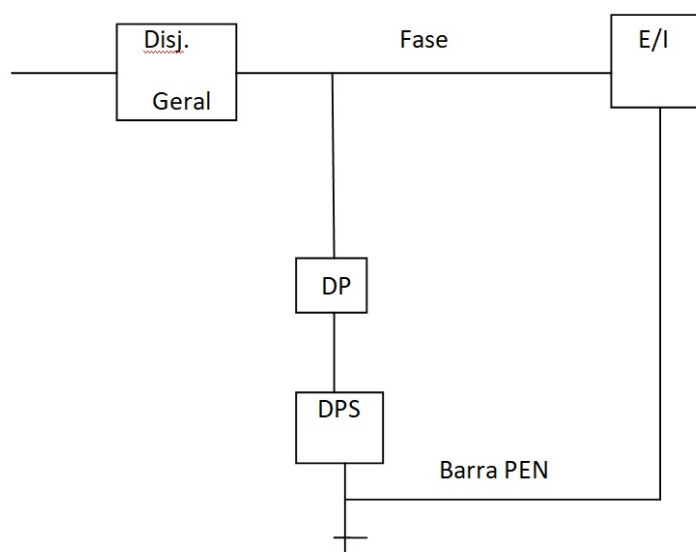


Figura 10 -

4.15.14. Topologia e resistências das malhas de aterramento

O Relatório de Medição de Resistividade do Solo e Resistência de Aterramento consta nos Anexos I deste documento.

Um dos primeiros passos para o projeto de aterramento para a Edificação Sede foi a obtenção de dados para a modelagem do solo. De forma geral, a determinação de um modelo matemático equivalente para o solo em uma dada região onde será implantada a subestação exige a realização de diversas medidas, dentre elas a execução de medições para a determinação de um parâmetro conhecido por resistividade do solo. A resistividade depende do tipo, da umidade, da temperatura, da salinidade, da contaminação e da compactação do solo, entre outras variáveis. O método de ensaio mais conhecido para obtenção de valores de resistência por metro que possibilitem calcular a resistividade do solo é o “Método de medição por contato com o arranjo de Wenner”.

TIPOS DE SOLO	FAIXAS DE RESISTIVIDADE ESTIMADA (Ωm)
Água do mar	Menor que 10
Lama, limo, humos	Até 150
Água destilada	300
Argila	300 – 5.000
Calcário	500 – 5.000
Areia	1000 - 8000
Basalto	A partir de 10.000

Concreto	Molhado 20 – 100 Úmido 300 – 1000 Seco $3k\Omega m - 2M\Omega m$
----------	--

O Projeto do sistema de aterramento desta edificação considerou a condição de falta de acesso ao solo, sendo que o dimensionamento do condutor da malha está diretamente ligado à capacidade deste de suportar os esforços térmicos e dinâmicos oriundos das altas correntes de descargas atmosféricas e curto-circuito. A geometria da malha hora implantada foram adequadas para que os potenciais de passo e de toque, causados pelo processo de dissipação das correntes da malha para o solo, estejam dentro de limites toleráveis e definidos pelas normas. “Topologia, geometria, arranjo” do eletrodo (malha) de aterramento, recomenda-se, para o caso de eletrodos não naturais, uma resistência de aproximadamente baixa (Ω) como forma de reduzir os gradientes de potencial no solo e a probabilidade de centelhamento perigoso. A utilização dos termos topologia, geometria ou arranjo de um eletrodo de aterramento deve ser entendida como sendo a configuração geométrica, a quantidade, a direção (horizontal, vertical ou inclinado), o espaçamento e o posicionamento dos condutores de um eletrodo (malha) de aterramento. As características mencionadas são as grandes responsáveis pela diminuição das tensões superficiais (passo e toque) perigosas em um eletrodo de aterramento e seus arredores quando massas metálicas são adequadamente interligadas a ele.

Neste caso o condutor da malha de aterramento foi dimensionado levando em conta os efeitos térmicos e mecânicos das correntes elétricas que por ele possam passar principalmente as correntes de curto-circuito. Para o dimensionamento mecânico, a norma ABNT NBR 15751:2009 indica as bitolas mínimas para condutores de cobre e de aço, que, neste caso, devem ser protegidos contra corrosão, conforme as normas aplicáveis para cobre – 50 mm².

4.15.15. Resistividade do solo

O projeto implantado da malha de aterramento inicia-se com a determinação da resistividade do solo e para isso se fazem necessárias medições de resistência no terreno da Edificação. Logo após, se obtém a resistividade aparente do solo através da determinação de sua estratificação. A resistividade aparente (r_a) é a resistividade vista pelo sistema de aterramento em integração com o solo, considerada a profundidade atingida pelo escoamento de corrente elétrica.

A determinação dos valores das resistividades do solo é de importância fundamental para o cálculo das características de um sistema de aterramento, subsidiando o desenvolvimento de projetos, bem como a determinação de seus potenciais de passo e toque. Usamos para medição de resistividade, impedância de aterramento e potenciais de superfície, o método de quatro eletrodos com arranjo de Wenner. Este método utiliza dois eletrodos pelos quais se faz circular uma corrente elétrica, enquanto outros dois eletrodos detectarão uma diferença de potencial. Assim, pode-se mostrar que a resistividade do solo é proporcional ao quociente entre a tensão elétrica medida e a corrente elétrica injetada.

Uma vez feita as medições, conforme relatório apresentado no Anexo 01, passa-se a dimensionar a malha de aterramento em função da resistividade e estratificação do solo.

Foi projetada para este sistema uma malha interligada por eletrodutos em todas as descidas (10), com cabo de cobre nu 50mm², perfazendo todo o perímetro da Edificação.

4.15.16. Definição das bitolas e constituição dos materiais dos condutores

Após análise de Risco e definição do tipo de proteção a ser implantada no Projeto, definimos o tipo de condutor e conseqüentemente a seção (área) deste condutor.

Método usado Gaiola de Faraday na Edificação

Para a fixação da barra chata de alumínio 7/8" x 1/8" sobre a platibanda deverá ser utilizado bucha de nylon com parafuso de aço galvanizado, e para as conexões/emendas entre as barras deverão ser utilizados arruela + arruela de pressão + porca sextavada de inox 1/4" + parafuso sextavado de inox 1/4" x 1". Quando no trajeto forem previstas curvas de 90°, as barras deverão ser do tipo: Barra Chata de Alumínio 7/8" x 1/8" – Barra Horizontal com 30 (2x15 cm).

O cruzamento entre as barras chatas de alumínio 7/8" x 1/8" deverão ser feitos com parafuso sextavado de inox 1/4" x 1", preso através de arruela + arruela de pressão + porca sextavada de inox 1/4".

Foram previstos no telhado Terminais Aéreos e para sua conexão sobre a barra chata de alumínio utilizar parafuso sextavado de inox 1/4"x1" preso através de arruela + arruela de pressão + porca sextavada de inox 1/4".

4.15.17. Descidas

Para a conexão da barra chata de alumínio 7/8" x 1/8" com a caixa de medição, que deverá ser do tipo suspensa, com tampa e estar instalada há 40 cm do solo, deve ser prevista uma proteção mecânica da descida utilizando 3 metros de tubo protetor isolante de 1" em PVC rígido. A fixação deste eletroduto de PVC à parede, deve ser feita através de presilhas para tubo protetor. A caixa de medição, que liga a descida à malha de aterramento, deverá estar fixada ao tubo e no seu interior ocorrerá a conexão entre a barra chata de alumínio e o cabo de cobre nu #50 mm² através de terminais de compressão.

Para a conexão da descida com a malha de aterramento, o cabo de cobre nu #50 mm², proveniente da caixa de medição, deverá ser interligado ao cabo de cobre nu #50 mm², pertencente à malha e hastes tipo copperweld, através de solda exotérmica. Estas hastes e a malha de aterramento deverão estar distanciadas em no mínimo 1,00 metro das vigas baldrame e fundações da edificação, e serão instaladas dentro de caixas de inspeção.

A vala de solo natural, pertencente à malha de aterramento, deverá ter o solo compactado e estar com uma profundidade mínima de 50 cm do nível do solo/piso e largura em 20 cm.

A caixa de inspeção da malha de aterramento deverá ser do tipo solo em PVC, com tampa de ferro fundido e dimensão em 300x300 (profundidade/largura). Seu interior deverá conter a haste de aterramento, do tipo copperweld 5/8"x3 m, cabos de cobre nu #50 mm² e o meio de ligação com a malha de aterramento, devendo este ser através de solda exotérmica.

O mastro captor com estaiamento em cabo de aço deverá ter em sua extremidade máxima um captor do tipo Franklin em Latão Cromado. O mastro, bem como o suporte do sinalizador, terá que ser do tipo galvanizado. O estaiamento do cabo de aço deverá ser preso através de parafuso M6x50 mm, juntamente com bucha S8 de nylon. A base do mastro será

em alumínio fundido e conterá abraçadeira para aterramento para fixação. Deve-se utilizar poliuretano na impermeabilização das perfurações.

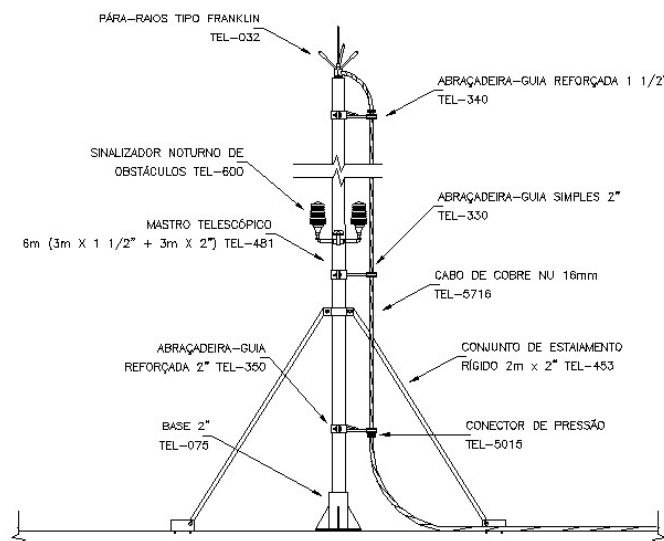


Figura 11 -

4.15.18. Ação de campos eletromagnéticos

A edificação possui equipamentos e sistemas sensíveis à ação de impulso eletromagnéticos da descarga atmosférica (LEMP), podem ser atingidos por meio de surtos induzidos pelos cabos conectados ao sistema e surtos com origem interna à estrutura, criados por descargas atmosféricas a estrutura ou o solo.

No Projeto, proposto podem-se reduzir de forma satisfatória os danos aos equipamentos.

Como neste caso específico, a Edificação já está funcionando a bastante tempo, então tivemos que propor em função do já existente. O ideal seria dividir em zonas interligadas umas as outras, mas neste caso torna-se dificultoso em função de a Edificação já existir.

O uso do DPS – Dispositivo de Proteção contra surtos, está previsto no quadro de energia principal, protegendo na entrada o sistema.

Foi previsto o aterramento e equipotencialização adequadas para esta classe II.

O aterramento em anel ao redor da edificação será fundamental para a dispersão das correntes das descargas atmosféricas para o solo.

As barras de equipotencialização previstas serão instaladas para redução de tensão entre todos os condutores que adentram a área de proteção, entre o condutor de proteção PE e os componentes metálicos dos sistemas internos,

Em síntese, adotaremos Medidas de Proteção de Sistema - MPS para melhor atender o sistema, com protetor de surtos no quadro de entrada de energia (DPS),

Aterramento em sistema de anel, interligando todas as descidas previstas do subsistema e Barras de equipotencialização interligadas ao sistema de aterramento.

Estes conjuntos de medidas de proteções eliminarão em muito a possibilidade de uma descarga atmosférica vir a afetar os sistemas internos à Edificação

4.15.19. DPS Ilustrativo – Protetor de surto (sobretensões na rede)



Figura 12 – Protetor de Surto (Ilustrativo)

4.15.20. Memória de Cálculo

Os cálculos aqui apresentados em função do risco de incidência de raios, determinou que nesta edificação é necessário a proteção da Edificação com o SPDA.

O nível II adotado refere-se a área de escritório e ao tipo de ambiente em que se encontra.

Uma vez determinado o nível II, buscamos nas tabelas as modulações correspondentes a este.

Podemos notar que o sistema de captação para este caso é o mais eficiente em função do tipo da modulação da malha – Gaiola de Faraday.

A descrição dos arranjos de captação, descidas e aterramento propostos e a apresentação das correspondentes plantas e esquemas encontram-se no Anexo I.

As descrições dos arranjos de Captação, Descidas e aterramento, foram detalhadas nos itens acima e mostrado nas pranchas integrantes do Projeto Executivo, a saber:

- a) Anexo VI - Prancha: Cobertura e Pavimento Térreo
- b) Anexo VII – Prancha: Aterramento, 1º e 2º Subsolo

4.16. Materiais Diversos

A seguir será apresentada lista dos principais materiais que irão compor o Sistema de SPDA:

MATERIAIS
Mastro telescópico captor com estaiamento – 03 metros
Para-Raios tipo Franklin 350mm, em latão cromado, duas decidas, para proteção de edificações contra descargas atmosféricas
Sinalizador noturno simples, sem relé fotoelétrico (SINAP, composição cód.97054, insumo cód.38061).
Cabo de cobre nu 35mm
Barra chata de alumínio 7/8" x 1/8"
Terminal Aéreo em aço galvanizado DN 5/16", comprimento de 350mm, com base de fixação horizontal.
Arruela + arruela de pressão + porca sextavada de inox 1/4" + parafuso sextavado de inox 1/4" x 1".
Parafuso Zincado, rosca soberba, cabeça sextavada, 5/16" x 50mm
Eletroduto rígido roscavel, PVC, DN 25mm (3/4"), para circuitos terminais, instalados em parede – fornecimento e instalação. AF 12/2015
Caixa de inspeção de aterramento com tampa de ferro fundido
Cabo de cobre nu 50mm ²
Solda exotérmica
Diâmetro de 3/4" (17,3mm) e comprimento de 2,40m

Haste de aterramento em aço com 3,00m de comprimento e DN = 5/8", revestida com baixa camada de cobre, sem conector (SINAP, composição cód.96985, insumo cód.3379)

Nos itens a seguir será mencionada a especificação para atendimento a alguns materiais a serem empregados na execução contratual. Com relação aos materiais os quais as especificações não constem neste memorial descritivo, deverão ser entregues conforme descritivo da Planilha de Custo.

4.16.1. Captor Franklin

Aplicação: Subsistema de captação do SPDA

Descrição: O captor tipo Franklin deverá ser de latão cromado ou niquado, com suporte para 2 descidas

Modelo de Referência: TEL – 013 (Termotécnica), MON- 105 (Montal) ou equivalente.



Figura 13 – Exemplo de Captor Franklin com 2 descidas

4.16.2. Haste de Aterramento Cobreada Alta Camada

Aplicação: subsistema de Aterramento do SPDA

Descrição: A haste de aterramento em aço com 3,00m de comprimento e DN = 5/8", revestida com baixa camada de cobre, sem conector

Modelos de Referência: MON-706 (Montal), TEL-5822 (Termotécnica), ou equivalente.



Figura 14 – Exemplo de haste cobreada

4.16.3. Caixa de inspeção Tipo Solo

Aplicação: Subsistema de Aterramento do SPDA

Descrição: A caixa de inspeção deverá ser em PVC, possuir diâmetro de 300 mm e profundidade também de 300 mm. A tampa deverá ser reforçada e articulada e própria para instalação na caixa de PVC.

Modelos de Referência: MON-713 (Montal), MON-718 (Montal), TEL-552 (Termotécnica), TEL-536 (Termotécnica), ou equivalentes.



Figura 15 – Exemplo de tampa reforçada e articulada (à esquerda) e caixa de inspeção em PVC (à direita)

4.16.4. Condutor de Cobre Nu

Aplicação: Subsistema de Captação e de Aterramento do SPDA

Descrição: O cabo de cobre nu a ser empregado tanto no subsistema de descida quanto no subsistema de aterramento deverá possuir a seção nominal de 50 mm², sendo composto por 7 fios de cobre com diâmetro de 3mm cada (de acordo com NBR 6524)

Modelos de Referência: MON-204 (Montal), TEL-5750 (Termotécnica), ou equivalente.



Figura 16 – Exemplo de cabo de cobre nu

4.16.5. Cabos de cobre isolados

Aplicação: Ligação do Sinalizador Noturno de Aeronaves e Equipotencialização.

Descrição: O cabo de cobre isolado deverá ser flexível (encordoamento Classe 5), possuir isolamento de 450/750 V, com isolamento na cor verde, com seção nominal de 2,5mm² para a ligação do sinalizador e seção nominal de 10 mm² para ligações de equipotencialização.

Modelos de Referência: MON-2155 (Montal), TEL-5717 (Termotécnica), Prysmian, SIL, Corfio ou equivalentes.



Figura 17 – Exemplo de cabo de cobre isolado

4.16.6. Eletrodutos

Aplicação: Infraestrutura para ligação da energia aos sinalizadores noturnos.

Descrição: O eletroduto deverá possuir diâmetro nominal de 3/4" e ser de PVC rígido, interligando as descidas dos postes às caixas de passagem e estas ao quadro de energia. Nos pontos onde haja possibilidade de entrada de água ou sujeira deverão ser instalados tampões. A instalação aparente nos postes deverá ser feita com abraçadeiras metálicas. Não serão permitidas mudanças angulares no percurso do eletroduto sem o uso de peças específicas para tal fim ou caixas de passagem.

Modelos de Referência: MON-602 (Montal), TEL-5501 (Termotécnica), Tigre, ou equivalente.



Figura 18 – Exemplo de eletroduto de PVC rígido

4.16.7. Solda Exotérmica

Aplicação: Subsistemas de Aterramento do SPDA

Descrição: A solda exotérmica é um método de soldagem de alta temperatura usado na união permanente de metais e condutores elétricos como cobre, aço, aço copperweld e bronze. Seus principais componentes são: pó exotérmico, molde de grafite, alicate, palito ignitor e disco de retenção

Deverá ser utilizada nas emendas das hastes cobreadas com a cordoalha de cobre nu do anel de aterramento e das descidas e nas emendas entre cordoalhas.

Antes de iniciar o processo de soldagem, o soldador deverá se certificar estar de posse de todo o ferramental e EPI necessários para esta atividade.

O material a ser soldado deverá estar limpo e seco. Sugere-se o uso de uma escova própria para processos de soldagem exotérmica para a eliminação de impurezas e óxido das peças.

Antes do primeiro uso, o molde de grafite deverá ser pré-aquecido com maçarico ou com uma solda exotérmica com função exclusiva de aquecimento.

Para a soldagem, o soldador deverá certificar-se de que está usando o molde correto, a solda e o alicate correspondentes à bitola dos condutores. Os cabos não poderão estar tensionados. Sugere-se uso de grampo alinhador para evitar o tensionamento dos cabos. Após estas verificações, o molde poderá ser fechado.

Em seguida deve-se colocar o disco no fundo do molde, com a parte côncava para baixo.

O recipiente com o pó exotérmico deve ser então agitado para se homogeneizar. Em seguida, despeja-se o pó no interior do molde e fecha-se a tampa do molde.

O soldador deve então posicionar-se ao lado oposto da abertura da tampa, acender o palito ignitor e colocá-lo rapidamente na abertura sobre o pó.

Terminado o processo de soldagem, deve-se aguardar cerca de 20 segundos para se abrir (com cuidado, pois está muito quente) a tampa do molde.

Para finalizar, limpa-se o molde com instrumento adequado e o molde poderá então ser aberto pelo alicate.

Para se aferir o resultado da sondagem, deve-se contemplar os seguintes aspectos:

- a) A solda deve cobrir completamente os condutores, preenchendo todo o volume que os envolve na cavidade do molde, ou pelo menos cobrir a superfície dos mesmos.
- b) O resultado não deve apresentar excesso de porosidades superficiais com profundidade maior que 2mm;
- c) 80% da conexão deve ficar livre de impurezas, É tolerável alguma impureza ou escória, principalmente na parte superior da solda;
- d) A cor da solda pode variar de dourado a bronze avermelhado, considerando a devida limpeza dos condutores e molde antes do processo.

Em resumo, uma boa solda deve apresentar aspecto sólido, dourado, com o mínimo de imperfeições e cobrimento total dos condutores.

Modelos de Referência: MON-807 (Montal), MON-858 (Montal), SEZ-900 (Termotécnica), ou equivalentes.



Figura 19 – Exemplo de pó exotérmico e palito ignitor

4.16.8. Caixas de Passagem

Aplicação: Infraestrutura para ligação da energia aos sinalizadores noturnos

Descrição: As caixas de passagem deverão ser de alvenaria, no formato nas dimensões de 30 cm x 30 cm, com tampa de ferro fundido e fundo com brita para evitar alagamento.

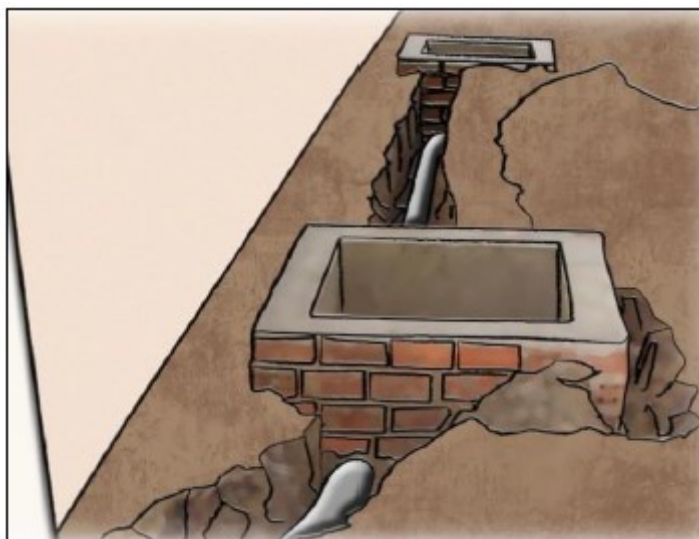


Figura 20 – Exemplo de caixa de passagem de infraestrutura elétrica

4.17.Resultados das avaliações

Tabela 10 – Classificação da Estrutura

Classificação da estrutura	Tipo da estrutura	Efeitos das descargas atmosféricas	Nível de proteção
Estruturas comuns ¹⁾	Residências	Perfuração da isolamento de instalações elétricas, incêndio, e danos materiais Residências Danos normalmente limitados a objetos no ponto de impacto ou no caminho do raio	III
	Fazendas, estabelecimentos agropecuários	Risco direto de incêndio e tensões de passo perigosas Fazendas, estabelecimentos agropecuários Risco indireto devido à interrupção de energia e risco de	III ou IV

		vida para animais devido à perda de controles eletrônicos, ventilação, suprimento de alimentação e outros	
	Teatros, escolas, lojas de departamentos, áreas esportivas e igrejas	Danos às instalações elétricas (por exemplo: iluminação) e possibilidade de pânico Falha do sistema de alarme contra incêndio, causando atraso no socorro	II
	Bancos, companhias de seguro, companhias comerciais, e outros	Como acima, além de efeitos indiretos com a perda de comunicações, falhas dos computadores e perda de dados	II
	Hospitais, casa de repouso e prisões	Como para escolas, além de efeitos indiretos para pessoas em tratamento intensivo e dificuldade de resgate de pessoas imobilizadas	II
	Indústrias	Efeitos indiretos conforme o conteúdo das estruturas, variando de danos pequenos a prejuízos inaceitáveis e perda de produção	III
	Museus, locais arqueológicos Estações de telecomunicação usinas elétricas	Perda de patrimônio cultural insubstituível Interrupção inaceitável de serviços públicos por breve ou longo período de tempo	II

	Indústrias	Risco indireto para as imediações devido a incêndios, e outros com risco de incêndio	I
Estruturas com risco confinado	Estações de telecomunicação usinas elétricas Indústrias	Interrupção inaceitável de serviços públicos por breve ou longo período de tempo Risco indireto para as imediações devido a incêndios, e outros com risco de incêndio	I
Estruturas com risco para os arredores	Refinarias, postos de combustível, fábricas de fogos, fábricas de munição	Risco de incêndio e explosão para a instalação e seus arredores	I
Estruturas com risco para o meio ambiente	Indústrias químicas, usinas nucleares, laboratórios bioquímicos	Risco de incêndio e falhas de operação, com conseqüências perigosas para o local e para o meio ambiente	I

As avaliações feitas na teoria com a apresentação dos cálculos e as medições no local transportadas para o computador, para definição da composição para o SPDA, estão descritas nas pranchas anexas ao respectivo memorial descritivo.

4.18. Informações Gerais

A descrição e diagramação dos arranjos utilizados nas medições de avaliação das resistências de aterramento no entorno da edificação serão Conforme Relatório de medição de Resistividade do Solo e Resistência de Aterramento.

Com relação aos métodos, técnicas e softwares utilizados, conforme Relatório de medição de Resistividade do Solo e Resistência de Aterramento foi utilizado para Medições de Resistividade:

a) Modelo: Wenner

b) Aparelho: Megabras 20KWe

4.19. Comentários Técnicos

Com relação às inconformidades do atual sistema, verificou – se que não existe nenhuma documentação relativa ao item SPDA da Edificação.

Em função destas informações e da inexistência de Projeto, começou-se as análises e medições para verificações pontuais da situação existente. Foi verificada a falta de equipotencialização e interligação das massas metálicas, inexistência do Anel de Interligação ao redor da Edificação.

Sem Conexão ao Subsistema de aterramento, malha perdida não interligada ao sistema. Nível de proteção inadequado.

4.20. Equalização dos potenciais

Estamos executando uma interligação para reduzir substancialmente a diferença de potencial entre dois pontos de uma instalação ou entre duas referências de potencial de circuitos diferentes. É claro que quando passa uma corrente por um condutor sempre há uma queda de potencial que poderá ser maior ou menor dependendo do valor da corrente que circular e do valor da impedância (resistência e indutância) do condutor. Em muitas situações normalmente não há passagem de corrente substancial pelo condutor de equalização e por isso sua impedância não tem tanta importância. Quando a corrente é de alta frequência essa queda de tensão é determinada pela taxa de variação da corrente di/dt e pela indutância do condutor L , ou seja, pela $L di/dt$; quando a corrente é de baixa frequência ou mesmo contínua, a queda de tensão será dada por RI . Não se pretende reduzir a zero as diferenças de potencial, mas reduzir essa diferença a um valor que seja desprezível para as necessidades daquela situação e naquela técnica. Assim se estamos falando em segurança de pessoas nas frequências industriais (50 ou 60 Hz) equalizar é obter uma redução da diferença de potencial a valores abaixo do limite da tensão de toque (50 V, 25 V, ou 12 V, dependendo da situação do local: seco, molhado ou com a pessoa dentro d'água). Essa equalização é obtida com uma interligação feita com um cabo de resistência baixa (10 mm², 16 mm², ou mais dependendo do comprimento e da corrente que pode passar por ele).

4.21. Anexos:

Integram o presente projeto executivo:

Anexo I – Análise de risco para o prédio do Coren/SP (Sede)

Anexo II – Planilha Orçamentária Sintética

Anexo III – Planilha Orçamentária Analítica

Anexo IV – Composição do BDI

Anexo V – Cronograma Físico Financeiro

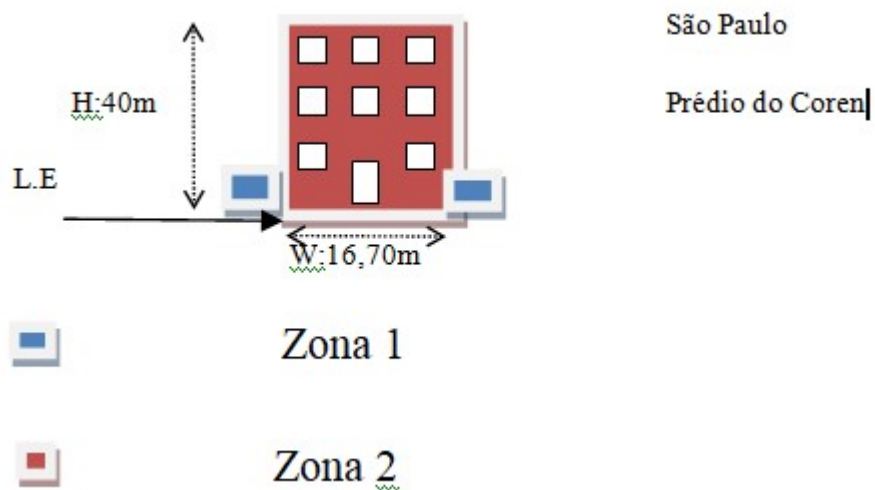
Anexo VI – Prancha 01: Cobertura e Pavimento Térreo

Anexo VII – Prancha 02: Aterramento, 1º e 2º Subsolo.

ANEXO I – Análise de risco para o prédio do Coren/SP (Sede)

Prédio Comercial localizado em um território com declives em SP Capital, onde trabalham 150 pessoas.

A figura abaixo ilustra a edificação e suas zonas de proteção, com estruturas mais altas nas redondezas. A edificação é constituída por 08 andares tipo e cobertura, 02 subsolos, 01 térreo com um total de 12 pavimentos.



L.E Linha de energia – L:300m

Comprimento: 37,40m

R1:Risco de Perda de Vida Humana (Incluindo Ferimentos).

R2:Risco de Perda de Serviço ao Público(Museu, Prefeitura) .

R3:Risco de Perda ao Patrimônio cultural .

PERDAS:

L1: Perda de Vidas Humanas.

L2: Perdas de Serviços Públicos.

L3: Perda de Patrimônio Cultural.

Temos que determinar os
RA, RB, RU, RV.

Comparar com o risco tolerável:

RA= NDXPAXLA

RB=NDXPBXLB

L1:Perda de vidas humanas ou ferimentos	10^{-5}
L2:Perdas de Serviços ao Público	10^{-3}
L3:Perdas de Patrimônio	10^{-4}

componentes do Risco R1, que são

10^{-5}

$$RU=(NL+NDJ)XPUXLU$$

$$RV=(NL+NDJ)XPVXLV$$

Componentes de Perda:

$$LA=rTxLTxnz/nTxTz/8760$$

$$LB=LV=rpxrFhxzlFxnz/nTxTz/8760$$

$$LU=rTxLTxnz/nTxTz/8760$$

Qual a componente de Probabilidade.

$$PA=PTAxPB \quad PB= \text{tabela}$$

$$PV=PEBxPLDxCLD$$

$$PU=PTUxPEBxPLDxCLD$$

Quantidade de descargas atmosféricas que influenciam a estrutura:

$$ND=NGxADxCDx10^{-6}$$

Número de Descargas que atingem a linha:

$$NL=NGxALxCixCExCTx10^{-6}$$

$$NDJ=NGxADJxCDJxCTx10^{-6}$$

Não possui estruturas adjacentes NDJ=0

Determinar as Perdas:

Tipo de Perda L1: Valores Médios Típicos LT,LF,LO

TIPOS DE DANOS	VALOR DE PERDA TÍPICA		TIPO DE ESTRUTURA
D1: FERIMENTOS	LT	10^{-2}	Todos os tipos
D2 :DANOS FÍSICOS	LF	10^{-1} 10^{-1} 10^{-2} $5 \cdot 10^{-2}$ $2 \cdot 10^{-2}$ 10^{-2}	Risco de explosão hospitais, hotel, escola, edifício cívico, entretenimento, igreja, museu, industrial, comercial e outros
D3 :FALHAS DE SISTEMAS INTERNOS	LO	10^{-1} 10^{-2} 10^{-3} 10^{-3}	Risco de explosão unidade de terapia intensiva e bloco cirúrgico de hospital, outras partes de hospital

Fator de redução rT em função do tipo da superfície do solo ou piso.

TIPO DE SUPERFÍCIE ^b	Resistência de contato KQ ^a	rT
Agricultura, concreto	≤ 1	10^{-2}
Mármore, cerâmica	1-10	10^{-3}
Cascalho, tapete, carpete	10-100	10^{-4}
PROVIDÊNCIAS		rp
Nenhuma providência		1
Extintores, instalações fixas operadas manualmente, instalação de alarme manuais, hidrantes, rota de escape		0,5
Instalações fixas operadas automaticamente, instalações de alarme automático ^a		0,2
a Somente se protegidos contra sobretensões e outros danos e se os bombeiros puderem chegar em menos de 10min.		

RISCO DE INCÊNDIO

RISCO	QUANTIDADE DE RISCO	rf
Explosão	Zonas 0,20 e explosivos sólidos zonas 1,21 Zonas 2, 22	10^{-1} 10^{-1} 10^{-3}
Incêndio	Alto Normal Baixo	10^{-1} 10^{-2} 10^{-3}
Explosão ou Incêndio	nenhum	0

Calculando os Valores:

$$LA = rT \times L \times n_z / n \times T_z / 8760$$

nt: é o número de usuários servidos pela estrutura

nz: é o número de pessoas na zona

$$n_z/n_{TxTz}/8760$$

$$150/150 \times 8760/8760 = 1$$

$$L_A = 10^{-4} \times 10^{-2} \times 1 = 10^{-6}$$

$$L_U = r_{Tx} L_{Tx} n_z / n_{TxTz} / 8760$$

$$L_U = 10^{-4} \times 10^{-2} \times 1$$

$$L_U = 10^{-6}$$

$$L_B = L_V = r_{px} r_{fx} h_{zx} L_{fx} n_z / n_{TxTz} / 8760$$

$$L_B = 0,5 \times 10^{-3} \times 1 \times 10^{-2} \times 1 =$$

$$L_B = 5 \times 10^{-4}$$

Tabela C6 – Hz

Sem perigo especial Hz=1

AVALIAÇÃO DA PROBABILIDADE

Estrutura não protegida por SPDA

PB= Nível II

$$PB = 5 \times 10^{-2}$$

Nenhuma medida de Proteção: PTA=10-2

$$PA = PTA \times PB$$

$$PA = 10^{-2} \times 5 \times 10^{-2}$$

$$PA = 5 \times 10^{-4}$$

$$PB = 5 \times 10^{-2}$$

MEDIDA DE PROTEÇÃO	P _{PTU}
Nenhuma medida	

de Proteção	1
Avisos visíveis de alerta	0,1
Isolação elétrica	0,01
Restrições Físicas	0

NP	PED
Sem DPS	1
III – IV	0,05
II	0,02
I	0,01
Sistemas de DPS com características melhores que classe I	0,005 - 0,001

Tabela B8: Valores da Probabilidade PLD

PLD=1 Linha aterrada não blindada.

Tabela B4 – Valores dos fatores CLD e CLI

Linha enterrada não blindada conexão entrada:Indefinida

CLD: 1 CLI: 1

$$PU = PTU \times PED \times PLD \times CLD$$

$$PU = 1$$

$$PV = PED \times PLD \times CLD$$

$$PV = 1$$

Número de descargas que influenciam a estrutura:

$$\text{Área da estrutura: } AD = L \times W + 2 \times (3 \times H) \times (L + W) + \pi \times (3 \times H)^2$$

$$L = 37,40\text{m}, W = 16,70\text{M}, H = 40\text{m} \quad 3h = 120\text{m}$$

$$\square \quad 3h = 120\text{m}$$

Área da estrutura de Captação:

AD:58.824,58m²

Se ocorrer descarga atmosférica dentro desta área, existe proteção.

Determinar qual o número anual de descargas atmosféricas ou a densidade de descargas que ocorrem na região de São Paulo.

WWW.Inpe.br – ELAT

NG:13,27Km²/ano

Número de eventos perigosos ND para a estrutura.

$ND = NG \times AD \times CD \times 10^{-6}$

NG:é a densidade de descargas atmosféricas para a terra (1/Km²x ano).

AD:é a área de exposição e equivalente a da estrutura em m².

CD:é o fator de localização da estrutura.

Regiões do País – Densidade de descargas atmosféricas



FATOR DE LOCALIZAÇÃO DA ESTRUTURA

LOCALIZAÇÃO RELATIVA	CD
----------------------	----

Estrutura cercada por objetos mais altos	0,25
Estrutura cercada por objetos da mesma altura ou mais baixo	0,5
Estrutura isolada nenhum outro objeto na vizinhança	1,0
Estrutura no topo de uma colina ou monte	2,0

$$ND=13,27 \times 58824,58 \times 0,25 \times 10^{-6}$$

$$ND=19,51 \times 10^{-2}$$

AValiação DO NÚMERO MÉDIO ANUAL DE EVENTOS PERIGOSOS QUE ATINGEM A LINHA NL.

$$NL=NG \times AL \times CI \times CE \times CT \times 10^{-6}$$

$$CI: \text{Linha enterrada} - 0,2$$

$$CT: \text{Linha de energia} - 0,1$$

$$CE: \text{Ambiental} - 0,01$$

$$AL=40XI$$

$$AL=40 \times 300 = 12000$$

$$NL=13,27 \times 12000 \times 0,2 \times 0,01 \times 1 \times 10^{-6}$$

$$NL=3,18 \times 10^{-4}$$

$$R1=RA+RB+RU+RV$$

$$RA=ND \times PA \times LA$$

$$RB=ND \times PB \times LB$$

$$RU=(NL+NDJ) \times PU \times LU$$

$$RV=(NL+NDJ) \times PV \times LV$$

NDJ: Não temos estruturas adjacentes.

$$LA=10^{-6}$$

$$LU=10^{-6}$$

$$LV=5 \times 10^{-4}$$

$$LB=5 \times 10^{-4}$$

$$PU=1$$

$$PA=5 \times 10^{-4}$$

$$PB=5 \times 10^{-2}$$

$$PV=1$$

$$PU=1$$

$$RA=19,51 \times 10^{-2} \times 5 \times 10^{-4} \times 10^{-6}$$

$$RA=0,097 \times 10^{-8}$$

$$RB=487,75 \times 10^{-8}$$

$$RU=19,51 \times 10^{-8}$$

$$RV=0,97 \times 10^{-8}$$

$R1 = 0,50 \times 10^{-5}$ é maior que o valor tolerável $R_T = 10^{-5}$, a proteção contra descargas atmosféricas é necessária.