



MINISTÉRIO DA SAÚDE

SECRETARIA DE SAÚDE INDÍGENA

DEPARTAMENTO DE PROJETOS E DETERMINANTES AMBIENTAIS DA SAÚDE INDÍGENA

COORDENAÇÃO-GERAL DE INFRAESTRUTURA E SANEAMENTO PARA SAÚDE INDÍGENA

COORDENAÇÃO DE ANÁLISE E ELABORAÇÃO DE PROJETOS DE INFRAESTRUTURA E SANEAMENTO

SESAI

SECRETARIA DE SAÚDE INDÍGENA

SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA

ALDEIA KAMUYUWA

CADERNO DE SISTEMA DE PROTEÇÃO CONTRA DESCARGAS ATMOSFÉRICAS

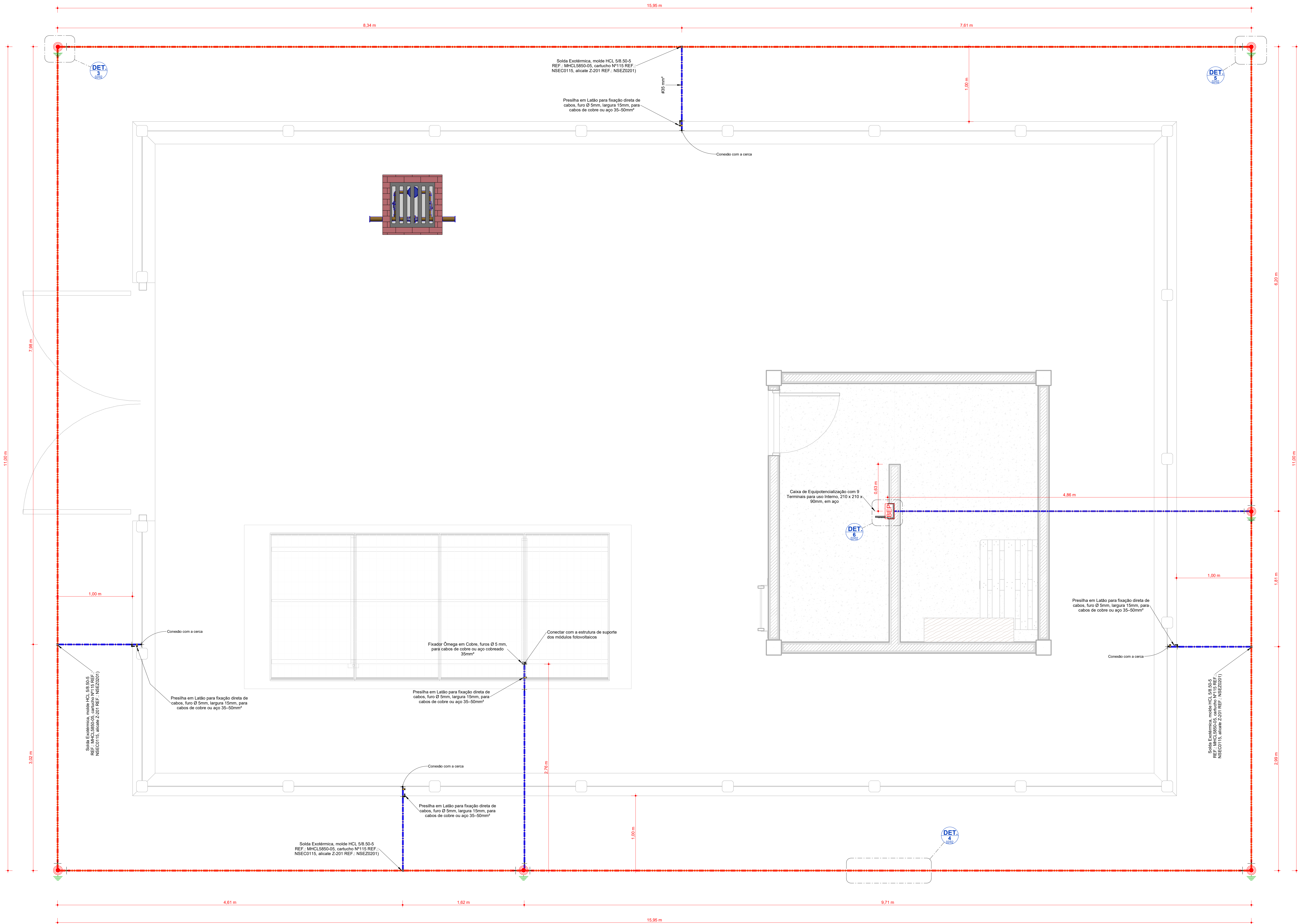
BRASÍLIA

2024



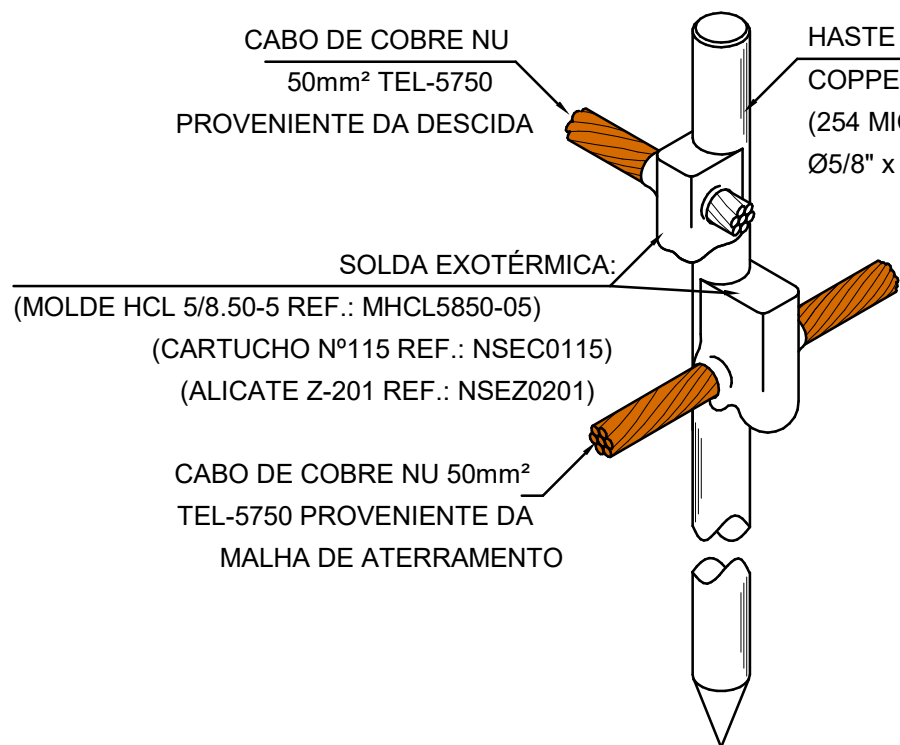


<div><div><div>SESAI</div><div>SECRETARIA DE SAÚDE INDÍGENA</div></div><div><div>MINISTÉRIO DA SAÚDE</div><div>SECRETARIA DE SAÚDE INDÍGENA</div><div>DEPARTAMENTO DE PROJETOS E DETERMINANTES AMBIENTAIS DA SAÚDE INDÍGENA</div><div>COORDENAÇÃO-GERAL DE INFRAESTRUTURA E SANEAMENTO PARA SAÚDE INDÍGENA</div><div>COORDENAÇÃO DE ANÁLISE E ELABORAÇÃO DE PROJETOS DE INFRAESTRUTURA E SANEAMENTO</div></div></div>			
OBRA: SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA		DISCIPLINA DO PROJETO: PROJETO DE ATERRAMENTO	
ENDEREÇO: ALDEIA KAMUYUWA, OIAPOQUE - AP		CONTEÚDO: ÍNDICE	
PROPRIETÁRIO: MINISTÉRIO DA SAÚDE - SECRETARIA DE SAÚDE INDÍGENA	AUTOR DO PROJETO: NÍCOLAS COSTA ARAÚJO - ENGENHEIRO ELETRICISTA	CREA/CAU: 31769/D-DF	DATA: 02/09/2024
Nº: 25042.000302-2024-06.SAA.SPD.DE.R00		PROJETO EXECUTIVO	TIPO: SAA
			01/02

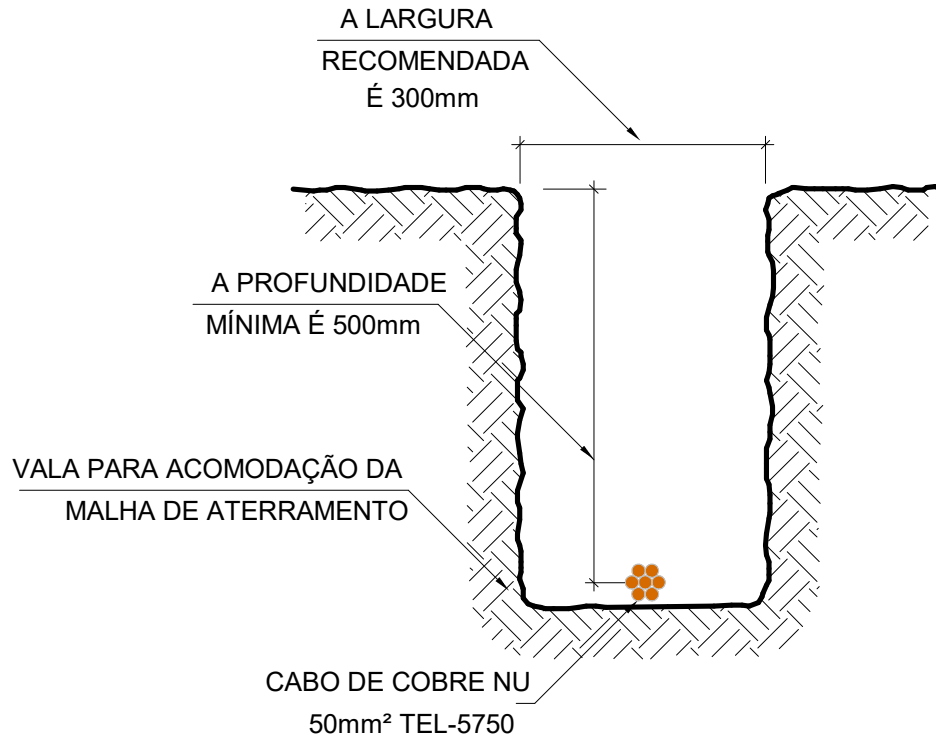


1 - TÉRREO
ESCALA 1:20

Lista de Materiais - Componentes		
Descrição do Material	Quantidade	Unidade
SPDA e Aterramento		
Caixa de Equipotencialização com 9 Terminais para uso interno, 210 x 210 x 90mm, em aço	1	caixa
Caixa de inspeção para instalação de haste, Ø300mm, com tampa de ferro fundido reforçada	6	caixa
Hastes de aterramento Cobreada Alta Camada, Ø3/4" x 2,40m (Ø 17,3mm - Eletivo)	6	haste
Parafuso Autotarrachante em Aço Inox, Ø4,2 x 35mm, revestido com tampa de nylon	12	parafuso
Presilha em Latão para fixação direta de cabos, furo Ø 5mm, largura 15mm, para cabos de cobre ou aço 35-50mm²	12	presilha
Solda Exotérmica, molde HCL 5/8 50-5 REF.: MHCL5850-05, cartucho Nº115 REF.: NSE020115, alicate Z-201 REF.: NSE020115	16	kg

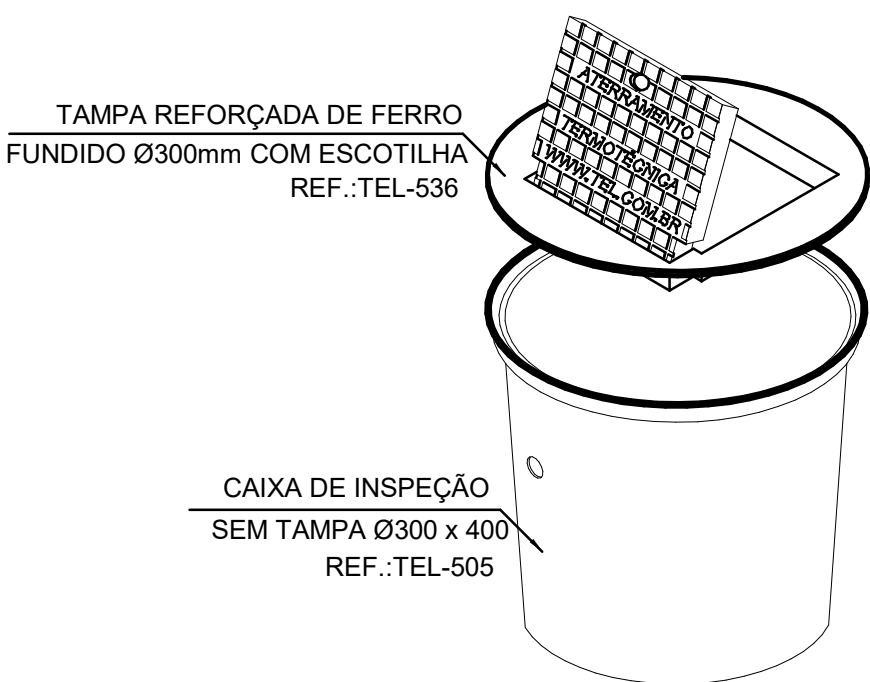


3 - CONEXÃO E SOLDA DA HASTE DE ATERRAMENTO
ESCALA 1:900

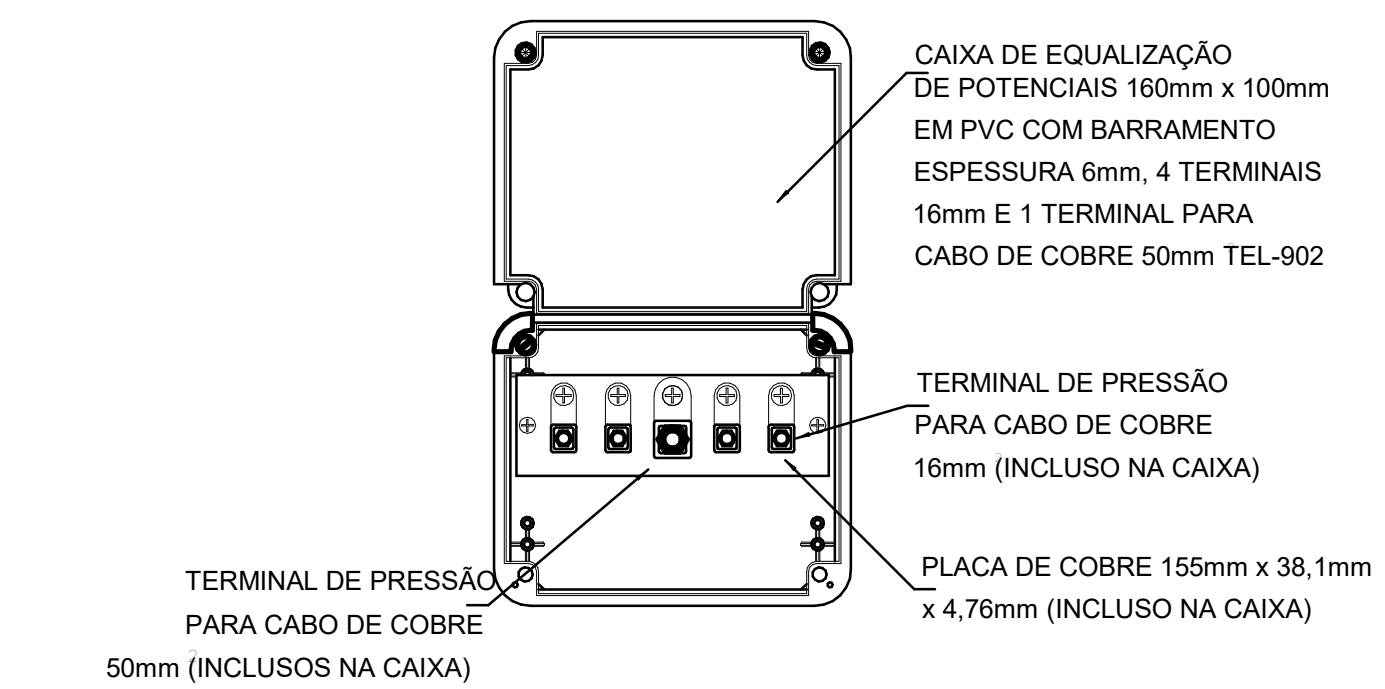


4 - DETALHE DA VALA DA MALHA DE ATERRAMENTO
ESCALA 1:900

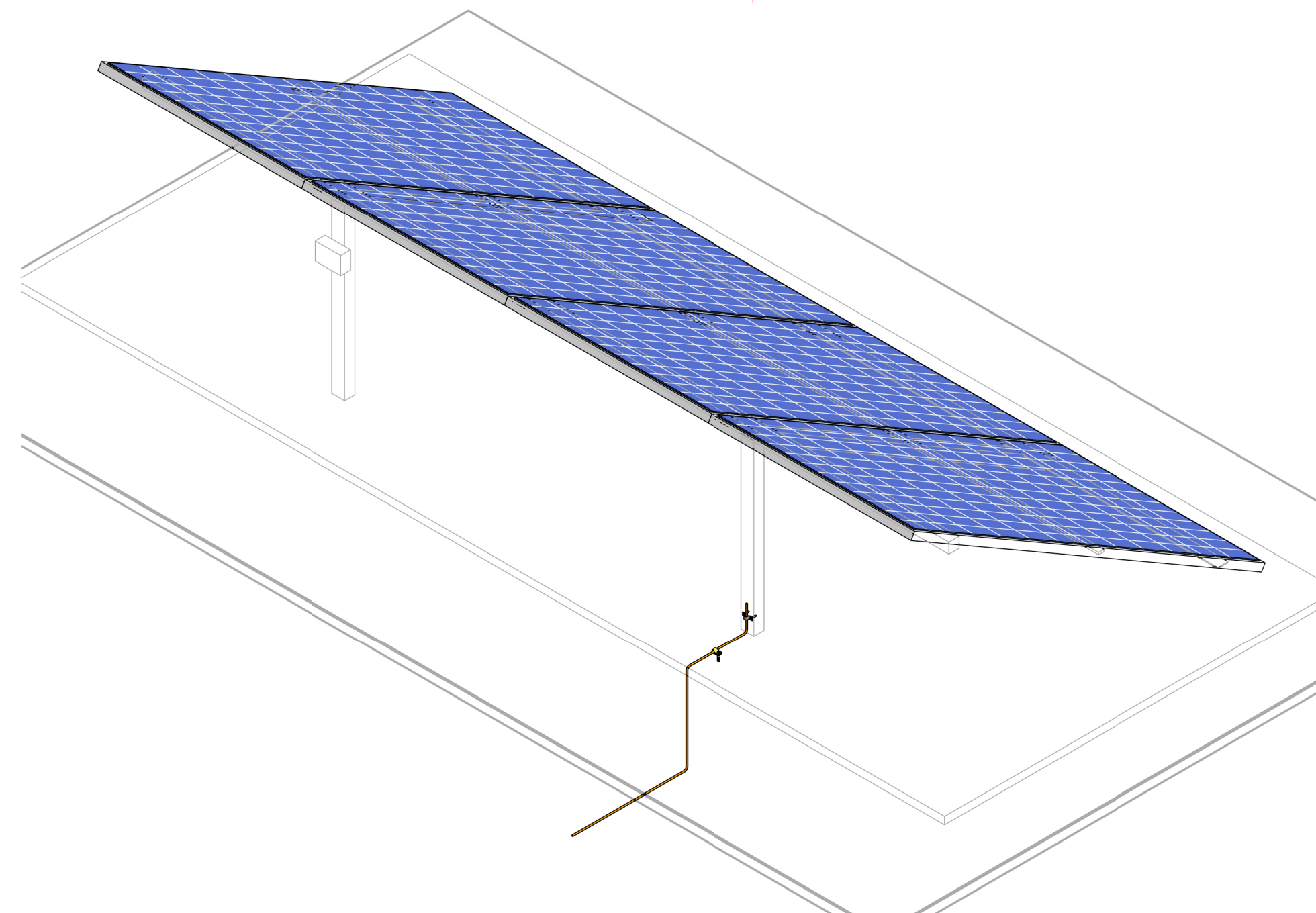
Quantitativo de Cabos - SPDA		
Descrição do Material	Comprimento (m)	Referência de Fabricante
Cabo de cobre nu #35mm², conforme NBR6524	23,37	Termotécnica Ref.TEL-5735
Cabo de cobre nu #50mm², conforme NBR6524	56,64	Termotécnica Ref.TEL-5750



5 - CAIXA DE INSPEÇÃO TIPO SOLO EM POLIPROPILENO COM TAMPA REFORÇADA
ESCALA 1:900



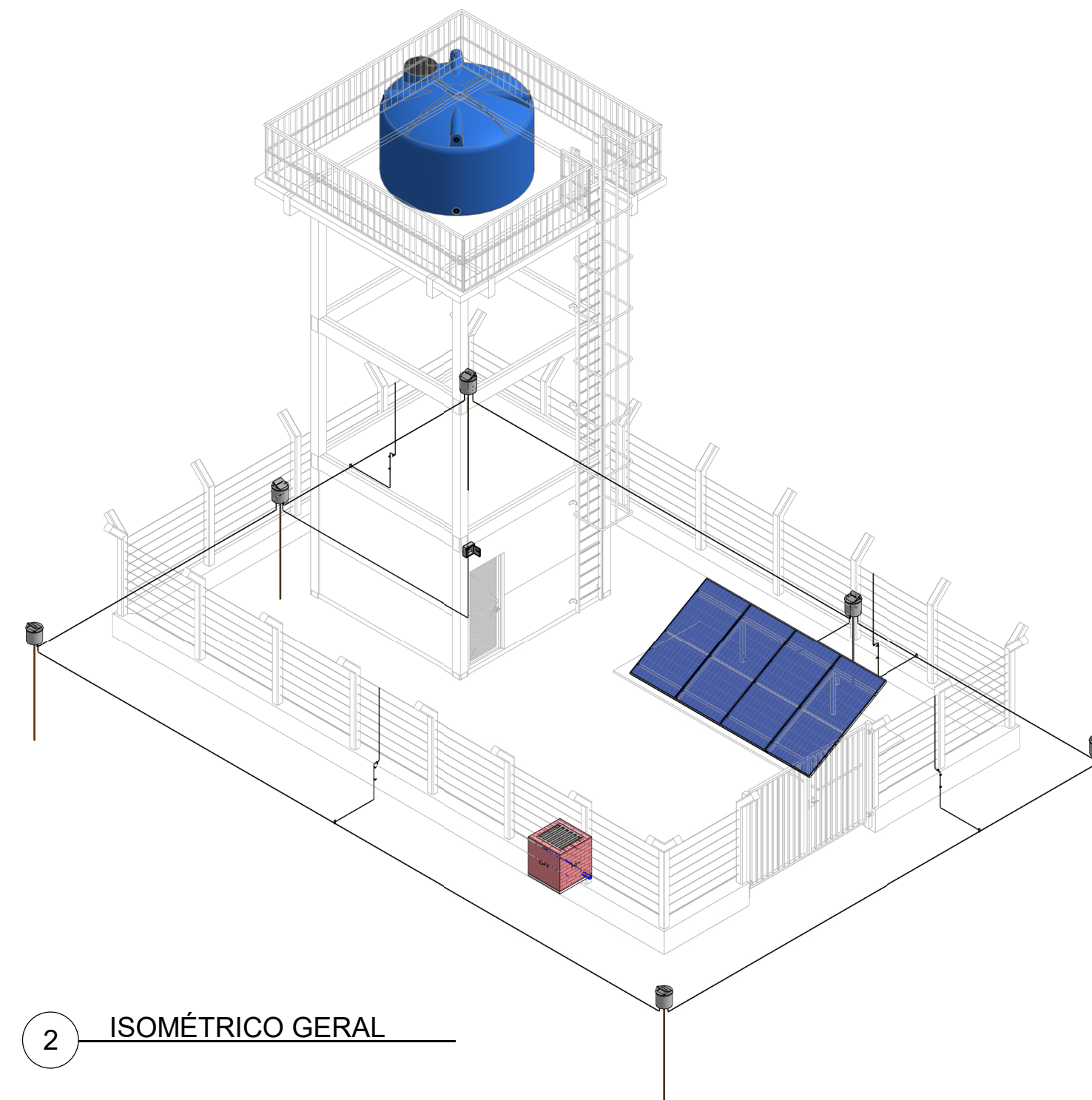
6 - DETALHE DA CAIXA DE EQUALIZAÇÃO PARA EMBUTIR REF TEL
ESCALA 1:900



7 - 3D - CONEXÃO ESTRUTURA DOS MÓDULOS FOTOVOLTAICOS
ESCALA

LEGENDA SPDA

- Cabo de cobre Nu 50mm² embutido no piso
- Cabo de cobre Nu 35mm² aparente, embutido
- Caixa de inspeção com haste
- Haste de Aterramento
- Caixa de equalização
- Símbolo de Detalhe



Notas Gerais:

- Dimensões em milímetros, exceto onde indicado.
- Os cabos não poderão ser dobrados formando arestas ou cantos, deverão ser feitas curvas de raio longo.
- Todas as estruturas metálicas deverão ser aterradas.
- Os cabos da malha de aterramento externa deverão ser enterrados a uma profundidade de no mínimo 500mm.
- Projeto conforme Norma NBR-5419/2015.
- Todas as estruturas metálicas no topo de edificação deverão ser interligadas ao sistema de SPDA.
- O sistema deverá ter uma manutenção preventiva anual e sempre que atingido por descargas atmosféricas para verificar eventuais irregularidades e garantir a eficiência do SPDA.
- O sistema de SPDA não impede a ocorrência das descargas atmosféricas e não pode assegurar a proteção absoluta de uma estrutura, de pessoas e bens. Entretanto, a aplicação da referida norma reduz de forma significativa os riscos de danos devidos às descargas atmosféricas.
- As estruturas metálicas que estiver a menos de 0,5m de distância das descidas deverão ser interligadas às descidas, equalizando os potenciais e evitando centelhamento perigoso.

03					
02					
01					
REV	DATA	AUTOR	PROJETISTA	SETOR/DEPART.	ÓRGÃO
REVISÕES					
SESAI			SECRETARIA DE SAÚDE INDÍGENA		
MINISTÉRIO DA SAÚDE SECRETARIA DE SAÚDE INDÍGENA					
DEPARTAMENTO DE PROJETOS E DETERMINANTES AMBIENTAIS DA SAÚDE INDÍGENA COORDENAÇÃO GERAL DE INFRAESTRUTURA E SANEAMENTO PARA SAÚDE INDÍGENA COORDENAÇÃO DE ANÁLISE E ELABORAÇÃO DE PROJETOS DE INFRAESTRUTURA E SANEAMENTO					
PROJETO EXECUTIVO					
GERAL SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA					
ENDEREÇO: ALDEIA KAMUYUWA, OIAPOQUE - AP				DATA: 02/09/2024	
PROPRIETÁRIO: MINISTÉRIO DA SAÚDE - SECRETARIA DE SAÚDE INDÍGENA				CRIAÇÃO: 31766D-DF	
AUTOR DO PROJETO: NÍCOLAS COSTA ARAÚJO - ENGENHEIRO ELETRICISTA				CRIAÇÃO:	
AUXILIAR TÉCNICO:				CRIAÇÃO:	
ASSINATURAS: AUTOR DO PROJETO				REVISADO POR: PROPRIETÁRIO	
DISCIPLINA DO PROJETO: PROJETO DE ATERRAMENTO				GRUPO ART. RITR.: GRUPO PROJETO:	
CONTÉUDO: PLANTA BAIXA, 3D SPDA, TABELAS E DETALHES					
Nº: 25042.000302-2024-06.SAA.SPD.DE.R00				TIPO: SAA	
02/02					



MINISTÉRIO DA SAÚDE

SECRETARIA DE SAÚDE INDÍGENA

DEPARTAMENTO DE PROJETOS E DETERMINANTES AMBIENTAIS DA SAÚDE INDÍGENA
COORDENAÇÃO-GERAL DE INFRAESTRUTURA E SANEAMENTO PARA SAÚDE INDÍGENA
COORDENAÇÃO DE ANÁLISE E ELABORAÇÃO DE PROJETOS DE INFRAESTRUTURA E
SANEAMENTO

SESAI

SECRETARIA DE SAÚDE INDÍGENA

SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA - Aldeia KAMUYUWA

MEMORIAL DESCRITIVO E DE CÁLCULO DO SISTEMA DE PROTEÇÃO CONTRA DESCARGAS ATMOSFÉRICAS
PROJETO EXECUTIVO

BRASÍLIA – DF

2024



MINISTÉRIO DA
SAÚDE





LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Ângulo de proteção correspondentes a classe do SPDA	13
Figura 2 – Cone de proteção provido por um mastro.....	14
Figura 3 - Posicionamento do subsistema de captação conforme método da esfera rolante	15



LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ANVISA	Agência Nacional de Vigilância Sanitária
BDI	Benefícios e Despesas Indiretas
CASAI	Casa de Apoio à Saúde Indígena
CGISA	Coordenação-Geral de Infraestrutura e Saneamento para Saúde Indígena
COAEP	Coordenação de Análise e Elaboração de Projetos de Infraestrutura
CUB	Custo Unitário Básico da Construção Civil
DAPSI	Departamento de Atenção Primária à Saúde Indígena
DIASI	Divisão de Atenção à Saúde Indígena
DEAMB	Departamento de Projetos e Determinantes Ambientais da Saúde Indígena
DSEI	Distrito Sanitário Especial Indígena
MS	Ministério da Saúde
MSD	Módulo Sanitário Domiciliar
NBR	Norma Brasileira
ORSE	Sistema de Orçamento de Obras de Sergipe
SAA	Sistema de Abastecimento de Água
SESAI	Secretaria Especial de Saúde Indígena
SESANI	Serviço de Edificações e Saneamento Indígena
SINAPI	Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil
TCU	Tribunal de Contas da União
UBSI	Unidade Básica de Saúde Indígena



SUMÁRIO

1	APRESENTAÇÃO.....	5
1.1	Objetivo	5
1.2	Nota geral	5
2	Manutenção, inspeção e documentação de um SPDA.....	5
2.1	Inspeções.....	5
2.2	Manutenção.....	6
2.3	Documentação	6
3	CONCEITOS GERAIS.....	7
3.1	Descarga atmosférica para a terra.....	7
3.2	Ponto de impacto	7
3.3	Estrutura a ser protegida	7
3.4	Ambiente urbano.....	7
3.5	Ambiente suburbano	7
3.6	Ambiente rural	7
3.7	Sistema de proteção contra descargas atmosféricas - SPDA.....	8
3.8	Sistema externo de proteção contra descargas atmosféricas	8
3.9	Subsistema de captação.....	8
3.10	Subsistema de descida	8
3.11	Condutor em anel	8
3.12	Subsistema de aterramento	8
3.13	Eletrodo de aterramento	9
3.14	Eletrodo de aterramento em anel.....	9
3.15	Sistema elétrico.....	9
3.16	Sistema elétrico eletrônico.....	9
3.17	Sistema internos	9
3.18	Linha.....	9
3.19	Linhas de sinais	9
3.20	Linhas de energia	10
3.21	Evento perigoso.....	10
3.22	Equipotencialização para descargas atmosféricas	10
3.23	Barramento de Equipotencialização Principal.....	10
3.24	Conexão de ensaio	10
3.25	Classe do SPDA	10
3.26	Plano de referência.....	10
4	MEMORIAL DE CÁLCULO	11
4.1	Procedimentos.....	11
4.2	Necessidade de proteção x análise de risco	11
	Tabela 1 - Valores típicos de risco tolerável RT.....	12



4.3	Sistema externo de proteção contra descargas atmosféricas	12
4.4	Método do ângulo de proteção (Franklin)	13
4.5	Volume de proteção provido por mastro	14
4.6	Método da Esfera Rolante (Modelo Eletro geométrico)	14
4.7	Método das Malhas (Gaiola de Faraday)	16
4.8	Condutores de descida	17
4.9	Sistema de aterramento	17
4.10	Proteção dos sistemas elétricos e eletrônicos internos	18
5	ANÁLISE E GERENCIAMENTO DE RISCO	18
5.1.1	Conclusão	29
6	MATERIAIS E PROCEDIMENTOS	30
6.1	Cabos	30
6.1.1	Cabos de cobre nu #35mm ²	30
6.1.2	Cabo de cobre nu #50 mm ²	30
6.2	Eletrodutos	30
6.2.1	Eletroduto de PVC Rígido Roscável	30
6.2.2	Curva 90° para eletroduto rígido de PVC, DN 32 mm, rosca Ø 1" BSP	30
6.2.3	Luva para eletroduto de PVC rígido, DN 32 mm, rosca Ø 1"	30
6.2.4	Abraçadeira Tipo Colar, Cor Cinza em PVC, Ø 1" (DN 32 mm)	31
6.3	Componentes	31
6.3.1	Caixa de Equipotencialização com 5 Terminais para uso Interno e Externo, 180x150x90 mm, em Polipropileno	31
6.3.2	Caixa de inspeção para instalação de haste, Ø 300 mm, com tampa de ferro fundido reforçada	31
6.3.3	Condutele de inspeção Ø 1" de PVC para eletroduto	31
6.3.4	Conector de medição em latão com 4 parafusos, para cabos de cobre / aço cobreado 35-70 mm ²	32
6.3.5	Conector de Pressão tipo Split-bolt em liga de cobre, 35 mm ²	32
6.3.6	Fixador universal de latão estanhado para cabos de 16 a 70 mm ²	32
6.3.7	Presilha de latão 35/50 mm ² F5 mm	32
6.3.8	Hastes de aterramento Cobreada Alta Camada, Ø 3/4" x 2,40 m (Ø 17,3 mm - Efetivo)	32
6.3.9	Parafuso autoatarrachante em aço Inox, Ø 4,2 x 32 mm, fornecido com bucha de nylon	33
6.3.10	Solda exotérmica, molde HCL 5/8.50-5, cartucho nº115, alicate Z-201	33
6.3.11	Terminal de compressão de 1 furo para 1 cabo de 35mm ² em cobre estanhado	33
6.3.12	Fixador ômega em Cobre 35 mm ² Furo de 5 mm	33
7	CONSIDERAÇÕES FINAIS	33
8	Norma Técnicas	35



1 APRESENTAÇÃO

1.1 Objetivo

O presente memorial tem por objetivo apresentar a especificação dos materiais e equipamentos, complementar as informações contidas nos projetos e orientar a execução dos serviços relativos ao projeto de implantação de Polo Base Tipo II da Secretaria Especial de Saúde Indígena (SESAI) – Ministério da Saúde.

1.2 Nota geral

As informações e dados apresentados neste documento foram definidas de acordo com as especificações contidas nos projetos, memoriais de cálculo, planilhas orçamentárias e a previsibilidade de informações obtidas a partir de objetos semelhantes executados pela SESAI. Em caso de inviabilidade, necessidade de alterações ou inconsistências identificadas, o Distrito Sanitário Especial Indígena (DSEI) poderá apresentar soluções para melhoria dos métodos adotados.

2 Manutenção, inspeção e documentação de um SPDA

A eficácia de qualquer SPDA depende da sua instalação, manutenção e métodos de ensaio utilizados. Inspeções, ensaios e manutenção não podem ser realizados durante a ameaça de tempestades.

2.1 Inspeções

O objetivo das inspeções é assegurar, principalmente, que o SPDA esteja de acordo com projeto baseado na norma, todos os componentes do SPDA estão em boas condições e são capazes de cumprir suas funções.

As inspeções devem ser feitas durante a construção da estrutura, após a instalação do SPDA no momento da emissão do documento “as built”, após alterações ou reparos, ou quando houver suspeita de que a estrutura foi



atingida por uma descarga atmosférica, inspeção visual semestral apontando eventuais pontos deteriorados no sistema.

Periodicamente deve ser realizada inspeção por profissional habilitado e capacitado a exercer esta atividade, com emissão de documentação pertinente, em intervalos de um ano afim de checar a deterioração e corrosão dos captores, condutores de descida e conexões, condição das equipotencializações, corrosão dos eletrodos de aterramento.

Deve-se também proceder com os ensaios para medição de continuidade elétrica entre o subsistema de captação e subsistema de aterramento bem como aferição da resistência de aterramento.

2.2 Manutenção

A regularidade das inspeções é condição fundamental para a confiabilidade de um SPDA. O responsável pela estrutura deve ser informado de todas as irregularidades observadas por meio de relatório técnico após cada inspeção periódica. Cabe ao profissional emitente da documentação recomendar, baseado nos danos encontrados, o prazo de manutenção no sistema, que pode variar desde “imediato” a “item de manutenção preventiva”.

2.3 Documentação

A seguinte documentação técnica deve ser mantida no local, ou em poder dos responsáveis pela manutenção do SPDA:

1. Verificação da necessidade do SPDA (externo e interno), além da seleção do respectivo nível de proteção para a estrutura, por meio de um relatório de uma análise de risco;
2. Desenhos em escala mostrando as dimensões, os materiais e as posições de todos os componentes do SPDA externo e interno;



3. Verificação da integridade física do eletrodo (continuidade elétrica dos condutores);
4. Laudo de SPDA contendo a aferição de continuidade entre subsistema de captação e aterramento bem como aferição da resistência do subsistema de aterramento.

3 CONCEITOS GERAIS

3.1 Descarga atmosférica para a terra

Descarga elétrica de origem atmosférica entre nuvem e terra, consistindo em um ou mais componentes da descarga atmosférica.

3.2 Ponto de impacto

Ponto onde uma descarga atmosférica atinge a terra, ou um objeto elevado (por exemplo: estrutura SPDA, serviços, árvore etc.)

3.3 Estrutura a ser protegida

Estrutura para qual a proteção é necessária contra os efeitos das descargas atmosféricas de acordo com a Norma ABNT NBR 5419:2015.

3.4 Ambiente urbano

Área com alta densidade de edificações ou comunidades densamente populosas com edifícios altos.

3.5 Ambiente suburbano

Área com uma densidade média de edificações.

3.6 Ambiente rural

Área com baixa densidade de edificações.



3.7 Sistema de proteção contra descargas atmosféricas - SPDA

Sistema completo utilizado para minimizar os danos físicos causados por descargas atmosféricas em uma estrutura, consiste nos sistemas de proteção externo e interno.

3.8 Sistema externo de proteção contra descargas atmosféricas

Parte do SPDA consistindo em um subsistema de captação, um subsistema de descida e um subsistema de aterramento.

3.9 Subsistema de captação

Parte do SPDA externo que utiliza elementos metálicos dispostos em qualquer direção, que são projetados e posicionados para interceptar as descargas atmosféricas.

3.10 Subsistema de descida

Parte de um SPDA externo projetado para conduzir a corrente da descarga atmosférica desde o subsistema de captação até o subsistema de aterramento.

3.11 Condutor em anel

Condutor formando um laço fechado ao redor da estrutura e interconectando os condutores de descida para a distribuição da corrente da descarga atmosférica entre eles.

3.12 Subsistema de aterramento

Parte de um SPDA externo que é destinada a conduzir e dispersar a corrente da descarga atmosférica na terra.



3.13 Eletrodo de aterramento

Parte ou conjunto de partes do subsistema de aterramento capaz de realizar o contato elétrico direto com a terra e que dispersa a corrente da descarga atmosférica nesta.

3.14 Eletrodo de aterramento em anel

Eletrodo de aterramento formando um anel fechado ao redor da estrutura, em contato com a superfície ou abaixo do solo.

3.15 Sistema elétrico

Componentes do sistema de fornecimento de energia elétrica de baixa tensão.

3.16 Sistema elétrico eletrônico

Sistema dotado de componentes eletrônicos sensíveis como equipamentos de comunicação, computador, sistemas de controle e instrumentação, sistemas de rádio, equipamentos de tecnologia da informação – ETI no geral e instalações de eletrônica de potência.

3.17 Sistema internos

Sistemas elétricos e eletrônicos localizados no interior de uma estrutura.

3.18 Linha

Linha de energia ou linha de sinal conectada à estrutura a ser protegida.

3.19 Linhas de sinais

Linhas utilizadas para comunicação entre equipamentos que podem ser instalados em estruturas separadas, como as linhas telefônicas e as linhas de dados.



3.20 Linhas de energia

Linhas de transmissão que fornecem energia elétrica, dentro de uma estrutura, aos equipamentos eletrônicos e elétricos localizados nesta, por exemplo, os quadros elétricos de baixa tensão (BT) ou alta tensão (AT).

3.21 Evento perigoso

Descarga atmosférica direta ou perto da estrutura a ser protegida ou direta ou perto de uma linha conectada à estrutura a ser protegida que pode causar danos.

3.22 Equipotencialização para descargas atmosféricas

Ligação ao SPDA de partes condutoras separadas, por conexões diretas ou via dispositivos de proteção contra surtos (DPS), para reduzir diferenças de potencial pela corrente da descarga atmosférica.

3.23 Barramento de Equipotencialização Principal

Barramento destinado a servir de via de interligação de todos os elementos que possam ser incluídos na equipotencialização principal.

3.24 Conexão de ensaio

Conexão projetada para facilitar ensaios elétricos e medições em subsistemas do SPDA.

3.25 Classe do SPDA

Número que denota a classificação de um SPDA de acordo com o nível de proteção para o qual ele é projetado.

3.26 Plano de referência

Superfície, geralmente plana, sobre a qual se faz a projeção do volume de proteção de elementos do sistema de captação ou sobre a qual se movimenta a



esfera rolante na aplicação dos cálculos dos métodos de proteção. Vários planos de referência em diferentes níveis podem ser considerados na região dos componentes do sistema de captação sob análise.

4 MEMORIAL DE CÁLCULO

4.1 Procedimentos

Deve-se preencher a análise de risco com os dados da estrutura em questão e sobre as estruturas vizinhas, linhas de energia e telecomunicações ligadas a ela, para que seja verificado os riscos calculados de danos causados por descargas atmosféricas para a terra. Uma vez que os riscos foram calculados, parte-se a escolha das medidas de proteção apropriadas a serem adotadas para reduzir os riscos ao limite ou abaixo do limite tolerável.

4.2 Necessidade de proteção x análise de risco

Com a atualização da ABNT NBR 5419, o projetista deve efetuar cálculos e considerações sobre a estrutura, áreas adjacentes e equipamentos. O nível de proteção deixa de ser um dado de saída para ser um parâmetro de entrada na avaliação dos valores de risco toleráveis. Essa é uma das grandes mudanças da norma, que impacta já o início do projeto.

Na regra antiga calculava-se, por exemplo, o NG (Densidade de descargas atmosféricas para terra) através de um mapa de isocerânicos antigo e se aplicava a uma AE (área de exposição equivalente) e aos fatores de ponderação. Agora, o NG é obtido de forma mais precisa e atualizada através de mapas fornecidos pelo INPE, na área de exposição equivalente, considerando mais parâmetros por meio de uma nova fórmula de cálculo. A nova norma também traz um novo conceito, de Zonas de proteção contra raio.

Continuando a avaliação da ABNT NBR 5419, temos quatro tipos de perdas: L1 – Perda de vidas humanas, L2 – Perda de instalação de serviço ao público, L3 –



Perda de memória cultural e L4 – perda de valor econômico, na qual se calculam vários componentes de Risco (R1, R2, R3 e R4), que deverão ser comparadas aos valores típicos de risco tolerável RT, para avaliar se as medidas de proteção adotadas atendem as exigências.

Se $R \leq RT$, a proteção contra a descarga atmosférica não é necessária. Se $R > RT$, é preciso adotar medidas de proteção para reduzir $R \leq RT$ em todos os riscos que envolvem a estrutura.

Tabela 1 - Valores típicos de risco tolerável RT

TIPO DE RISCO		$R_T (y^{-1})$
R ₁	Risco de perdas ou danos permanentes em vidas humanas	10^{-5}
R ₂	Risco de perdas de serviços ao público	10^{-3}
R ₃	Risco de perdas do patrimônio cultural	10^{-4}

Para o risco de perda de valor econômico (R4), deve-se comparar custo/benefício, conforme Anexo D da ABNT NBR 5419-2. Se os dados para esta análise não estão disponíveis, o valor representativo de risco tolerável $RT = 10^{-3}$ pode ser utilizado. Para os estabelecimentos de saúde do âmbito da SESAI serão considerados apenas os riscos R1 e R2.

4.3 Sistema externo de proteção contra descargas atmosféricas

O SPDA externo é projetado para interceptar as descargas atmosféricas diretas à estrutura, incluindo as descargas laterais às estruturas, e conduzir a corrente da descarga atmosférica do ponto de impacto à terra. O SPDA externo tem também a finalidade de dispersar esta corrente na terra sem causar danos térmicos ou mecânicos, nem centelhamentos perigosos que possam iniciar fogo ou explosões. O SPDA externo é composto por três subsistemas:

1. Captação;
2. Descidas;



3. Aterramento.

A probabilidade de penetração da corrente da descarga atmosférica na estrutura é consideravelmente limitada pela presença de subsistemas de captação apropriadamente instalados.

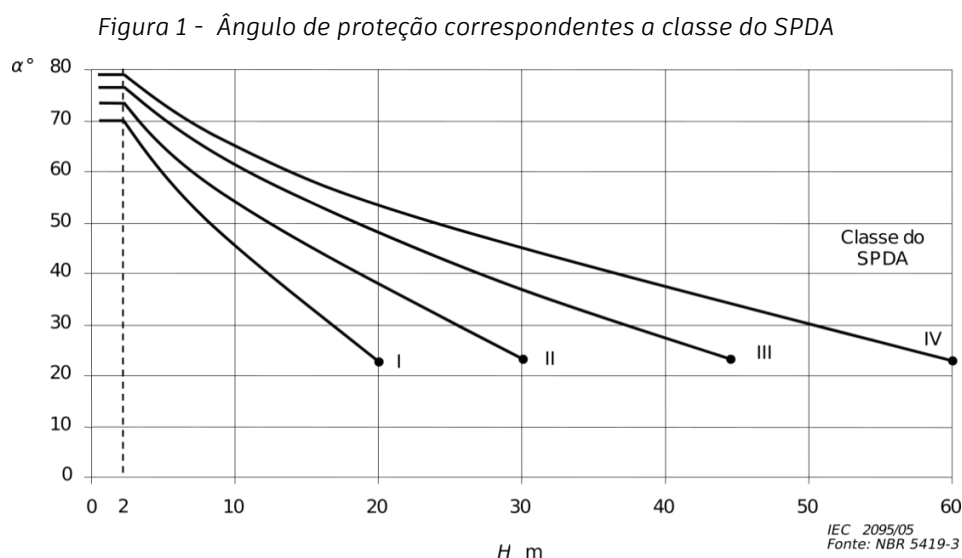
Componentes do subsistema de captação instalados na estrutura devem ser posicionados nos cantos salientes, pontas expostas e nas beiradas (especialmente no nível superior de qualquer fachada) de acordo com um ou mais dos seguintes métodos.

4.4 Método do ângulo de proteção (Franklin)

O método do ângulo de proteção é adequado para edificações de formato simples, mas está sujeito aos limites de altura dos captadores indicados na Figura 1.

Este método tem como característica a instalação de um mastro acima da estrutura a ser protegida. A posição do subsistema de captação é considerada adequada se a estrutura a ser protegida estiver situada totalmente dentro do volume de proteção provido pelo subsistema de captação.

Para definir o ângulo de proteção é necessário analisar o gráfico de curvas da ABNT NBR 5419-3 representado abaixo.





NOTA 1: Para valores de H (m) acima dos valores finais de cada curva (classes I a IV) são aplicáveis apenas os métodos da esfera rolante e das malhas.

NOTA 2: H é a altura do captor acima do plano de referência da área a ser protegida.

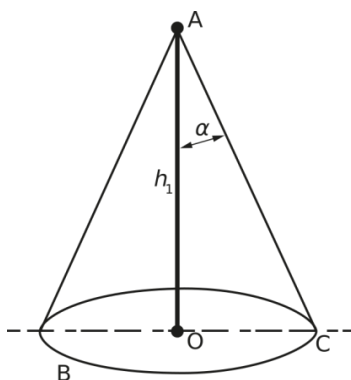
NOTA 3: O ângulo não será alterado para valores de H abaixo de 2 m.

4.5 Volume de proteção provido por mastro

A posição do subsistema de captação é considerada adequada se a estrutura a ser protegida estiver situada totalmente dentro do volume de proteção provido pelo subsistema de captação.

O volume de proteção provido por um mastro é definido pela forma de um cone circular cujo vértice está posicionado no eixo do mastro, o ângulo α , dependendo da classe do SPDA, e a altura do mastro como consta na Figura 1. Conforme exemplificado na Figura 2.

Figura 2 – Cone de proteção provido por um mastro



Na figura acima, “A” representa o topo do captor; “B”, o plano de referência; “OC”, o raio base do cone de proteção; “h1”, a altura de um mastro acima do plano B; e “ α ”, o ângulo de proteção (conforme Figura 1).

4.6 Método da Esfera Rolante (Modelo Eletro geométrico)

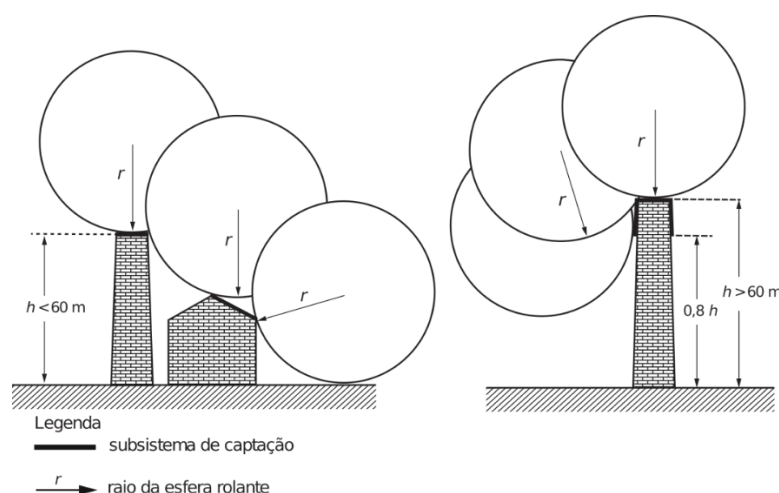
O adequado posicionamento do subsistema de captação na aplicação deste método ocorre se nenhum ponto da estrutura a ser protegida entrar em contato



com uma esfera fictícia rolando ao redor e no topo da estrutura em todas as direções possíveis. Esta esfera tem em seu raio (r) uma projeção estimada da distância entre o ponto de partida do líder ascendente (raio - terra-nuvem) e a extremidade do líder descendente (nuvem - terra) que forma a descarga atmosférica.

Os locais onde a esfera tangencia a estrutura são de maior probabilidade para o impacto direto dos raios. Para protegê-la é necessário realizar a instalação de captores de tal modo que eles apoiem a esfera rolante sem permitir que sua tangente toque na estrutura a ser protegida, ou, no mínimo que a esfera toque em um elemento do SPDA posicionado naquele ponto da estrutura. Conforme exemplificado na Figura 3.

Figura 3 - Posicionamento do subsistema de captação conforme método da esfera rolante



O raio, r , dessa esfera depende da classe do SPDA, conforme apresentado na Tabela 2.

Tabela 2 - Valores do raio r da esfera rolante

Classe do SPDA	Raio da esfera rolante (m)
I	20
II	30
III	45



4.7 Método das Malhas (Gaiola de Faraday)

O método das malhas é composto por módulos fechados de condutores elétricos (conectados de forma a criar múltiplos nós e a dividir a corrente elétrica da descarga atmosférica) dispostos no plano horizontal ou levemente inclinados sobre o volume a proteger.

As dimensões máximas dos módulos das malhas são determinadas pela ABNT NBR 5419-3, conforme apresentado na Tabela 3, o método das malhas tem maior aplicação em edificações de grandes dimensões de largura e comprimento. Para a lista de todos os requisitos da estrutura e da aplicação deste método, consultar Anexo A.3 da ABNT NBR 5419-3.

Tabela 3 - Espaçamento dos condutores pelo método das malhas

Classe do SPDA	Máximo afastamento dos condutores da malha (m)
I	5 x 5
II	10 x 10
III	15 x 15
IV	20 x 20

A denominada "gaiola de Faraday" é formada quando, construtivamente, a malha de captação for interligada a outras redes de condutores envolvendo todos os lados do volume a proteger e todo este conjunto estiver aterrado.

Neste método é comum, mas não obrigatória, a utilização de mini captores conectados aos condutores horizontais. Uma vez que o conceito de proteção reside na malha captora, os mini captores tornam-se apenas pontos preferenciais de impacto do raio, o que facilita a manutenção do SPDA. Isso é útil porque é mais fácil e barato substituir apenas o mini captor danificado pelo



impacto de uma descarga atmosférica do que trocar total ou boa parte dos condutores horizontais que venham a ser rompidos pelo raio.

4.8 Condutores de descida

O subsistema de condutores de descida é a parte do SPDA destinada a conduzir a corrente elétrica de descargas atmosféricas desde o subsistema de captação até o subsistema de aterramento da forma mais curta e retilínea possível. Os componentes deste subsistema podem ser compostos por pilares metálicos ou pelas armaduras da estrutura do concreto dos pilares, desde que haja continuidade elétrica garantida.

A ABNT NBR 5419-3 define o espaçamento dos condutores de descidas conforme tabela a seguir:

Tabela 4 - Espaçamento dos condutores de descida

Classe do SPDA	Distâncias (m)
I	10
II	10
III	15
IV	20

4.9 Sistema de aterramento

O sistema de aterramento, que deve estar presente no SPDA e nas instalações elétricas de energia e de sinal, tem a principal função de escoar para a terra as correntes elétricas indesejáveis que surjam nesses locais, de modo a causar a menor perturbação possível nos arredores.

O sistema de aterramento é um componente fundamental de diversos sistemas de proteção contra choques elétricos (ABNT NBR 5410:2008), contra descargas atmosféricas (ABNT NBR 5419:2015), contra sobre tensões, na proteção de



instalações elétricas de energia e de sinal, contra sobre tensões de linhas elétricas de telecomunicações e na proteção contra descargas eletrostáticas.

Na prática, é comum que seja feito um estudo em separado para cada proteção mencionada, o que pode induzir ao erro de interpretação de que os eletrodos de aterramento devem ficar separados. Para efeito de estudo e compreensão dos fenômenos, é conveniente separar os casos, porém para um efetivo e confiável funcionamento das instalações elétricas, sua consequente proteção e das pessoas, deve existir eletrodo de aterramento único para cada edificação ou estrutura.

4.10 Proteção dos sistemas elétricos e eletrônicos internos

O projeto de SPDA deve proteger os equipamentos eletroeletrônicos com a utilização de dispositivos de proteção contra surtos (DPS), arranjos de aterramento e equipotencialização, blindagem eletromagnética e roteamento dos circuitos elétricos, entre outros.

5 ANÁLISE E GERENCIAMENTO DE RISCO

Riscos Considerados	Valor Calculado	Valor Tolerado
R_1 : Risco de perda de vida humana	2,00E-06	1,00E-05
R_2 : Risco de perda de serviço público	1,30E-04	1,00E-03

Características da estrutura e meio ambiente			
L	Comprimento		14,0 m
W	Largura		9,0 m
H	Altura		10,0 m
K_{S1}	Fator relevante à efetividade da blindagem por malha de uma estrutura	Estrutura em madeira ou alvenaria e revestimento não condutor.	1
C_D	Fator de localização da estrutura	estrutura cercada por objetos da mesma altura ou mais baixos	0,5
N_G	Densidade de descargas atmosféricas para a terra	SAA	4,1 (km ² × ano) ⁻¹
		Amapá e Norte do Pará	
ρ	Tipo de solo da região	Areia argilosa	500,0 Ω /km



A_D	Área de exposição equivalente para descargas atmosféricas na edificação considerada	$\frac{L \times W}{\pi \times (3 \times H)^2} + \frac{2 \times (3 \times H) \times (L + W)}{\pi \times (3 \times H)^2} =$	4.329,98 m ²
A_M	Área de exposição equivalente para descargas atmosféricas perto de uma estrutura	$2 \times 500 \times (L + W) + \pi \times (500)^2 =$	808.348,16 m ²
A edificação possuirá linhas de energia ou sinal conectadas:			SIM

Características da Linha conectada à edificação			
Tipo de linha		linha de energia	
L_L	Comprimento da seção da linha de energia conectada a estrutura (caso não possuir esta informação considerar 1000m)		1000,0 m
C_i	Fator de instalação da linha	enterrado	0,5
C_T	Fator tipo de linha	linha de energia em BT ou sinal	1
C_E	Fator ambiental da linha	rural	1
C_{LD}	Tipo de linha externa	linha de energia com neutro multiaterrado	1
C_{LI}	Tipo de linha externa		0,2
U_W	Tensão suportável U_W dos equipamentos que se deseja proteger	2,5kV - Equipamentos elétricos (ex.: eletrodomésticos)	
K_{S4}	Fator relevante à tensão suportável de impulso de um sistema	$1/U_W$	4,00E-01
P_{LD}	Condições do roteamento, blindagem e interligação	linha não blindada ou com a blindagem não interligada ao mesmo barramento de equipotencialização do equipamento	0,95
P_{LI}	Probabilidade de falha de sistemas internos devido a uma descarga atmosférica perto de uma linha conectada dependendo das características da linha e dos equipamentos (tensão U_W)		0,3
A_L	Área de exposição equivalente para descargas atmosféricas em uma linha	$40 \times L_L =$	40.000,0 m ²
A_I	Área de exposição equivalente para descargas atmosféricas perto de uma linha	$4000 \times L_L =$	4.000.000,0 m ²
Existe estrutura adjacente ao final desta linha:		Não existe ou as dimensões não são conhecidas	

Características da Zona de proteção considerada



K_{S3}	Fator relevante às características do cabeamento interno	Condutores não blindados em laço roteados em um mesmo eletroduto ou condutores em laço com diferentes roteamentos em edifícios pequenos (área do laço da ordem de 10 m²)	2,00E-01
K_{S2}	Fator relevante à efetividade da blindagem por malha dos campos internos de uma estrutura	probabilidade da blindagem da estrutura reduzir os riscos das sobretensões danificarem os equipamentos internos	1
r_t	Fator de redução associado ao tipo de superfície do solo	agricultura, concreto	1,00E-02
r_p	Fator redutor de perda devido às precauções contra incêndio	nenhuma providência	1
r_i	Fator redutor de perda dependente do risco de incêndio ou de explosão da estrutura	normal	1,00E-02
h_z	Fator de aumento de perda quando um perigo especial está presente	sem perigo especial	1
P_{MS}	Probabilidade de reduzir a probabilidade de falha de sistemas internos dependendo da blindagem, cabeamento e da tensão suportável do equipamento	$(K_{S1} \times K_{S2} \times K_{S3} \times K_{S4})^2 =$	6,40E-03

L ₁ : perda de vida humana, incluindo ferimento permanente			
Danos associados			
D ₁	Danos de ferimentos ao seres vivos	Sim, existe o dano associado	
D ₂	Danos físicos a estrutura que coloquem em risco a vida	Sim, existe o dano associado	
D ₃	Danos por indução a falhas no sistema elétrico (choque elétrico)	Sim, existe o dano associado	
Características da utilização da edificação (quantidade de pessoas e tempo de utilização)			
n _{z1}	Número de possíveis pessoas em perigo		2
n _{t1}	Número total de pessoas que podem acessar a estrutura		2
t _{z1}	Tempo, em horas por ano, que pessoas estão presente no local		2100
Perdas relacionadas ao aumento do risco de vida			
L _{F1}	Número relativo médio típico de vítimas por danos físicos (D2) devido a um evento perigoso	outros	1,00E-02
L _{O1}	Número relativo médio típico de vítimas por falha de sistemas internos (D3) devido a um evento perigoso	Não Haverá riscos	0,00E+00



L_T	Número relativo médio típico de vítimas feridas por choque elétrico (D1) devido a um evento perigoso	ferimentos	1,00E-02
-------	--	------------	----------

L_2: Perda inaceitável de serviços públicos			
Danos associados			
D_2	Danos físicos a estrutura que comprometam a entrega de serviço público	Sim, existe o dano associado	
D_3	Danos por indução a falhas no sistema elétrico que comprometam a entrega de serviço público	Sim, existe o dano associado	
Características de usuários servidos pela zona fornecedora de serviço público			
n_{z2}	Número de usuários servidos pela zona	45	
n_2	Número total de usuários servidos pela estrutura	45	
Perdas relacionadas à interrupção de serviço público			
L_{F2}	Número relativo médio típico de usuários não servidos, resultante do dano físico (D2) devido a um evento perigoso	Fornecimento de gás, água ou energia	1,00E-01
L_{O2}	Número relativo médio médio típico de usuários não servidos, resultante de falha de sistemas internos (D3) devido a um evento perigoso.	Fornecimento de gás, água ou energia	1,00E-02

L_3: Perda inaceitável de patrimônio cultural			
Danos associados			
D_2	Danos físicos a estrutura que é patrimônio cultural	Não, dano associado inexistente	

Medidas de Proteção			
P_B	Classe do SPDA	Estrutura não protegida por SPDA	1
Altura do mastro acima da estrutura a ser protegidas em metros			5,0 m
P_{SPD}	Sistema de DPS	II	0,02
P_{EB}	Ligação Equipotencial	II	0,02
Medidas de Proteção Adicionais para a Estrutura			
P_{TA}	Proteção contra choque (descarga atmosférica na estrutura)		0
	Avisos de alerta		SIM
	Isolação elétrica (por exemplo, de pelo menos 3 mm de polietileno reticulado das partes expostas (por exemplo, condutores de descidas)		SIM
	Equipotencialização do solo		SIM



	Restrições físicas ou estrutura do edifício utilizada como subsistema de descida	SIM
Medidas de Proteção Adicionais para a Linha (energia ou sinais)		
P_{TU}	Proteção contra choque (descarga atmosférica na linha)	0
	Avisos de alerta	NÃO
	Isolação elétrica	SIM
	Restrições físicas	SIM

Determinação dos Números de eventos perigosos			
N_D	Número médio anual de descargas atmosférica a estrutura	$N_G \times A_D \times C_D \times 10^{-6} =$	8,88E-03
N_L	Número médio anual de descargas atmosférica na linha conectada a estrutura	$N_G \times A_L \times C_l \times C_E \times C_T \times 10^{-6} =$	8,20E-02
N_M	Número médio anual de descargas atmosférica perto da estrutura	$N_G \times A_M \times 10^{-6} =$	3,31E+00
N_I	Número médio anual de descargas atmosférica perto da estrutura	$N_G \times A_I \times C_l \times C_E \times C_T \times 10^{-6} =$	8,20E+00

Determinação das Probabilidades de Danos			
P_A	Probabilidade de ferimentos a seres vivos por choque elétrico	$P_{TA} \times P_B =$	0,00E+00
P_C	Probabilidade de falha de sistemas internos (descargas atmosféricas à estrutura)	$P_{SPD} \times C_{LD} =$	2,00E-02
P_M	Probabilidade de falha de sistemas internos (descargas atmosféricas perto da linha conectada)	$P_{SPD} \times P_{MS} =$	1,28E-04
P_U	Probabilidade de ferimentos a seres vivos por choque	$P_{TU} \times P_{EB} \times C_{LD} =$	0,00E+00
P_V	Probabilidade de danos físicos	$P_{EB} \times P_{LD} \times C_{LD} =$	1,90E-02
P_W	Probabilidade de sistemas internos	$P_{SPD} \times P_{LD} \times C_{LD} =$	1,90E-02
P_Z	Probabilidade de falha de sistemas internos	$P_{SPD} \times P_{LI} \times C_{LI} =$	1,20E-03

Determinação das Perdas associadas ao Risco R_1			
$L_{A1} = L_{U1}$	Ferimentos a seres vivos por choque	$r_i \times L_T \times n_{z1}/n_{t1} \times t_{z1}/8760 =$	2,40E-05
$L_{B1} = L_{V1}$	Danos físicos	$r_p \times r_i \times h_z \times L_{F1} \times n_{z1}/n_{t1} \times t_{z1}/8760 =$	2,40E-05
$L_{C1}=L_{M1}=L_{W1}=L_{Z1}$	Falha de sistemas internos	$L_{O1} \times n_{z1}/n_{t1} \times t_{z1}/8760 =$	0,00E+00



Componentes do Risco R_1			
R_{A1}	Risco de choque por descargas diretas S1	$N_D \times P_A \times L_{A1} =$	0,00E+00
R_{B1}	Risco de danos físicos por descargas diretas S1	$N_D \times P_B \times L_{B1} =$	1,97E-06
R_{C1}	Risco de falhas dos sistemas internos por ELM por descargas diretas S1	$N_D \times P_C \times L_{C1} =$	0
R_{M1}	Risco de falhas dos sistemas internos por ELM por descargas perto da estrutura S2	$N_M \times P_M \times L_{M1} =$	0
R_{U1}	Risco de choque por descargas na linha S3	$(N_L + N_{DJ}) \times P_U \times L_{U1} =$	0,00E+00
R_{V1}	Risco de danos físicos por descargas na linha S3	$(N_L + N_{DJ}) \times P_V \times L_{V1} =$	3,73E-08
R_{W1}	Risco de falhas dos sistemas internos por ELM por descargas na linha S3	$(N_L + N_{DJ}) \times P_W \times L_{W1} =$	0
R_{Z1}	Risco de falhas dos sistemas internos por ELM por descargas perto da linha S4	$N_I \times P_Z \times L_{Z1} =$	0

Risco de perda de vida humana			
R_1	Risco de perdas de vidas	$RA1 + RB1 + RC1 + RM1 + RU1 + RV1 + RW1 + RZ1 =$	2,00E-06
R_{T1}	Risco tolerável		1,00E-05

Determinação das Perdas associadas ao Risco R_2			
$L_{B2} = L_{V2}$	Danos físicos	$r_p \times r_i \times L_{F2} \times n_{z2}/n_{t2} =$	1,00E-03
$L_{C2} = L_{M2} = L_{W2} = L_{Z2}$	Falha de sistemas internos	$L_{O2} \times n_{z2}/n_{t2} =$	1,00E-02

Componentes do Risco R_2			
R_{B2}	Risco de danos físicos por descargas diretas S1	$N_D \times P_B \times L_{B2} =$	8,87647E-06
R_{C2}	Risco de falhas dos sistemas internos por ELM por descargas diretas S1	$N_D \times P_C \times L_{C2} =$	1,78E-06
R_{M2}	Risco de falhas dos sistemas internos por ELM por descargas perto da estrutura S2	$N_M \times P_M \times L_{M2} =$	4,24E-06
R_{V2}	Risco de danos físicos por descargas na linha S3	$(N_L + N_{DJ}) \times P_V \times L_{V2} =$	0,000001558
R_{W2}	Risco de falhas dos sistemas internos por ELM por descargas na linha S3	$(N_L + N_{DJ}) \times P_W \times L_{W2} =$	1,56E-05



R_{Z2}	Risco de falhas dos sistemas internos por ELM por descargas perto da linha S4	$M_i \times P_z \times L_{Z2} =$	9,84E-05
----------	---	----------------------------------	----------

Risco de perda de serviço público			
R_2	Risco inaceitável de perda de serviço público	$RB2 + RC2 + RV2 + RW2 + RZ2 + RM2 =$	1,30E-04
R_{T2}	Risco tolerável		1,00E-03
Riscos Considerados		Valor Calculado	Valor Tolerado
R_1 : Risco de perda de vida humana		1,06E-06	1,00E-05
R_2 : Risco de perda de serviço público		0,00E+00	1,00E-03

Características da estrutura e meio ambiente			
L	Comprimento	12,5 m	
W	Largura	8,0 m	
H	Altura	8,0 m	
K_{S1}	Fator relevante à efetividade da blindagem por malha de uma estrutura	Estrutura em madeira ou alvenaria e revestimento não condutor.	1
C_D	Fator de localização da estrutura	estrutura cercada por objetos da mesma altura ou mais baixos	0,5
N_G	Densidade de descargas atmosféricas para a terra	SAA Araguaia	10,5 (km ² × ano) ⁻¹
ρ	Tipo de solo da região	Areia argilosa	
A_D	Área de exposição equivalente para descargas atmosféricas na edificação considerada	$L \times W + 2 \times (3 \times H) \times (L + W) + \pi \times (3 \times H)^2 =$	2.893,56 m ²
A_M	Área de exposição equivalente para descargas atmosféricas perto de uma estrutura	$2 \times 500 \times (L + W) + \pi \times (500)^2 =$	805.898,16 m ²
A edificação possuirá linhas de energia ou sinal conectadas:		SIM	

Características da Linha conectada à edificação			
Tipo de linha		linha de energia	
L_L	Comprimento da seção da linha de energia conectada a estrutura (caso não possuir esta informação considerar 1000m)	1000,0 m	
C_i	Fator de instalação da linha	enterrado	0,5
C_T	Fator tipo de linha	linha de energia em AT com trafo	0,2
C_E	Fator ambiental da linha	rural	1
C_{LD}	Tipo de linha externa	linha de energia com neutro multiaterrado	1
C_{LI}	Tipo de linha externa		0,2
U_W	Tensão suportável U_W dos equipamentos que se deseja proteger	1,5kV - Equipamentos eletrônicos (ex.: computadores)	



K_{S4}	Fator relevante à tensão suportável de impulso de um sistema	$1/U_w$	6,67E-01
P_{LD}	Condições do roteamento, blindagem e interligação	linha não blindada ou com a blindagem não interligada ao mesmo barramento de equipotencialização do equipamento	1
P_{Li}	Probabilidade de falha de sistemas internos devido a uma descarga atmosférica perto de uma linha conectada dependendo das características da linha e dos equipamentos (tensão U_w)		0,6
A_L	Área de exposição equivalente para descargas atmosféricas em uma linha	$40 \times L_L =$	40.000,0 m ²
A_i	Área de exposição equivalente para descargas atmosféricas perto de uma linha	$4000 \times L_L =$	4.000.000,0 m ²
Existe estrutura adjacente ao final desta linha:		Não existe ou as dimensões não são conhecidas	

Características da Zona de proteção considerada			
K_{S3}	Fator relevante às características do cabeamento interno	Condutores não blindados em laço roteados em um mesmo eletroduto ou condutores em laço com diferentes roteamentos em edifícios pequenos (área do laço da ordem de 10 m ²)	2,00E-01
K_{S2}	Fator relevante à efetividade da blindagem por malha dos campos internos de uma estrutura	probabilidade da blindagem da estrutura reduzir os riscos das sobretensões danificarem os equipamentos internos	1
r_t	Fator de redução associado ao tipo de superfície do solo	agricultura, concreto	1,00E-02
r_p	Fator redutor de perda devido às precauções contra incêndio	extintores, instalações fixas operadas manualmente, instalações de alarme manuais, hidrantes, compartimentos à prova de fogo, rotas de escape	0,5
r_f	Fator redutor de perda dependente do risco de incêndio ou de explosão da estrutura	normal	1,00E-02
h_z	Fator de aumento de perda quando um perigo especial está presente	baixo nível de pânico (por exemplo, uma estrutura limitada a dois andares e número de pessoas não superior a 100)	2



P_{MS}	Probabilidade de reduzir a probabilidade de falha de sistemas internos dependendo da blindagem, cabeamento e da tensão suportável do equipamento	$(K_{S1} \times K_{S2} \times K_{S3} \times K_{S4})^2 =$	1,78E-02
----------	--	--	----------

L ₁ : perda de vida humana, incluindo ferimento permanente			
Danos associados			
D ₁	Danos de ferimentos ao seres vivos	Sim, existe o dano associado	
D ₂	Danos físicos a estrutura que coloquem em risco a vida	Sim, existe o dano associado	
D ₃	Danos por indução a falhas no sistema elétrico (choque elétrico)	Sim, existe o dano associado	
Características da utilização da edificação (quantidade de pessoas e tempo de utilização)			
n _{z1}	Número de possíveis pessoas em perigo	2	
n _{t1}	Número total de pessoas que podem acessar a estrutura	2	
t _{z1}	Tempo, em horas por ano, que pessoas estão presente no local	2100	
Perdas relacionadas ao aumento do risco de vida			
L _{F1}	Número relativo médio típico de vítimas por danos físicos (D2) devido a um evento perigoso	outros	1,00E-02
L _{O1}	Número relativo médio típico de vítimas por falha de sistemas internos (D3) devido a um evento perigoso	Não Haverá riscos	0,00E+00
L _T	Número relativo médio típico de vítimas feridas por choque elétrico (D1) devido a um evento perigoso	ferimentos	1,00E-02

L ₂ : Perda inaceitável de serviços públicos			
Danos associados			
D ₂	Danos físicos a estrutura que comprometam a entrega de serviço público	Sim, existe o dano associado	
D ₃	Danos por indução a falhas no sistema elétrico que comprometam a entrega de serviço público	Sim, existe o dano associado	
Características de usuários servidos pela zona fornecedora de serviço público			
n _{z2}	Número de usuários servidos pela zona	45	
n _{t2}	Número total de usuários servidos pela estrutura	45	
Perdas relacionadas à interrupção de serviço público			
L _{F2}	Número relativo médio típico de usuários não servidos, resultante do dano físico (D2) devido a um evento perigoso	Não Haverá danos	0,00E+00



L_{O2}	Número relativo médio médio típico de usuários não servidos, resultante de falha de sistemas internos (D3) devido a um evento perigoso.	Não Haverá danos	0,00E+00
----------	---	------------------	----------

L₃: Perda inaceitável de patrimônio cultural			
Danos associados			
D_2	Danos físicos a estrutura que é patrimônio cultural	Não, dano associado inexistente	

Medidas de Proteção			
P_B	Classe do SPDA	Estrutura não protegida por SPDA	1
Altura do mastro acima da estrutura a ser protegidas em metros		5,0 m	
P_{SPD}	Sistema de DPS	III - IV	0,05
P_{EB}	Ligação Equipotencial	III - IV	0,05
Medidas de Proteção Adicionais para a Estrutura			
P_{TA}	Proteção contra choque (descarga atmosférica na estrutura)	0	
	Avisos de alerta	SIM	
	Isolação elétrica (por exemplo, de pelo menos 3 mm de polietileno reticulado das partes expostas (por exemplo, condutores de descidas)	SIM	
	Equipotencialização do solo	SIM	
	Restrições físicas ou estrutura do edifício utilizada como subsistema de descida	SIM	
Medidas de Proteção Adicionais para a Linha (energia ou sinais)			
P_{TU}	Proteção contra choque (descarga atmosférica na linha)	0	
	Avisos de alerta	NÃO	
	Isolação elétrica	SIM	
	Restrições físicas	SIM	

Determinação dos Números de eventos perigosos			
N_D	Número médio anual de descargas atmosférica a estrutura	$N_G \times A_D \times C_D \times 10^{-6} =$	1,52E-02
N_L	Número médio anual de descargas atmosférica na linha conectada a estrutura	$N_G \times A_L \times C_l \times C_E \times C_T \times 10^{-6} =$	4,20E-02
N_M	Número médio anual de descargas atmosférica perto da estrutura	$N_G \times A_M \times 10^{-6} =$	8,46E+00
N_I	Número médio anual de descargas atmosférica perto da estrutura	$N_G \times A_l \times C_l \times C_E \times C_T \times 10^{-6} =$	4,20E+00

Determinação das Probabilidades de Danos			
P_A	Probabilidade de ferimentos a seres vivos por choque elétrico	$P_{TA} \times P_B =$	0,00E+00



P_C	Probabilidade de falha de sistemas internos (descargas atmosféricas à estrutura)	$P_{SPD} \times C_{LD} =$	5,00E-02
P_M	Probabilidade de falha de sistemas internos (descargas atmosféricas perto da linha conectada)	$P_{SPD} \times P_{MS} =$	8,89E-04
P_U	Probabilidade de ferimentos a seres vivos por choque	$P_{TU} \times P_{EB} \times C_{LD} =$	0,00E+00
P_V	Probabilidade de danos físicos	$P_{EB} \times P_{LD} \times C_{LD} =$	5,00E-02
P_W	Probabilidade de sistemas internos	$P_{SPD} \times P_{LD} \times C_{LD} =$	5,00E-02
P_Z	Probabilidade de falha de sistemas internos	$P_{SPD} \times P_{LI} \times C_{LI} =$	6,00E-03

Determinação das Perdas associadas ao Risco R_1			
$L_{A1} = L_{U1}$	Ferimentos a seres vivos por choque	$r_i \times L_T \times n_{z1}/n_{t1} \times t_{z1}/8760 =$	2,40E-05
$L_{B1} = L_{V1}$	Danos físicos	$r_p \times r_i \times h_z \times L_{F1} \times n_{z1}/n_{t1} \times t_{z1}/8760 =$	2,40E-05
$L_{C1}=L_{M1}=L_{W1}=L_{Z1}$	Falha de sistemas internos	$L_{O1} \times n_{z1}/n_{t1} \times t_{z1}/8760 =$	0,00E+00

Componentes do Risco R_1			
R_{A1}	Risco de choque por descargas diretas S1	$N_D \times P_A \times L_{A1} =$	0,00E+00
R_{B1}	Risco de danos físicos por descargas diretas S1	$N_D \times P_B \times L_{B1} =$	1,01E-06
R_{C1}	Risco de falhas dos sistemas internos por ELM por descargas diretas S1	$N_D \times P_C \times L_{C1} =$	0
R_{M1}	Risco de falhas dos sistemas internos por ELM por descargas perto da estrutura S2	$N_M \times P_M \times L_{M1} =$	0
R_{U1}	Risco de choque por descargas na linha S3	$(N_L+N_{DJ}) \times P_U \times L_{U1} =$	0,00E+00
R_{V1}	Risco de danos físicos por descargas na linha S3	$(N_L+N_{DJ}) \times P_V \times L_{V1} =$	5,03E-08
R_{W1}	Risco de falhas dos sistemas internos por ELM por descargas na linha S3	$(N_L+N_{DJ}) \times P_W \times L_{W1} =$	0
R_{Z1}	Risco de falhas dos sistemas internos por ELM por descargas perto da linha S4	$N_I \times P_Z \times L_{Z1} =$	0

Risco de perda de vida humana			
R_1	Risco de perdas de vidas	$RA1 + RB1 + RC1 + RM1 + RU1 + RV1 + RW1 + RZ1 =$	1,06E-06
R_{T1}	Risco tolerável		1,00E-05

Determinação das Perdas associadas ao Risco R_2			
$L_{B2} = L_{V2}$	Danos físicos	$r_p \times r_i \times L_{F2} \times n_{z2}/n_{t2} =$	0,00E+00
$L_{C2}=L_{M2}=L_{W2}=L_{Z2}$	Falha de sistemas internos	$L_{O2} \times n_{z2}/n_{t2} =$	0,00E+00



Componentes do Risco R_2			
R_{B2}	Risco de danos físicos por descargas diretas S1	$N_D \times P_B \times L_{B2} =$	0
R_{C2}	Risco de falhas dos sistemas internos por ELM por descargas diretas S1	$N_D \times P_C \times L_{C2} =$	0,00E+00
R_{M2}	Risco de falhas dos sistemas internos por ELM por descargas perto da estrutura S2	$N_M \times P_M \times L_{M2} =$	0,00E+00
R_{V2}	Risco de danos físicos por descargas na linha S3	$(N_L + N_{DJ}) \times P_V \times L_{V2} =$	0
R_{W2}	Risco de falhas dos sistemas internos por ELM por descargas na linha S3	$(N_L + N_{DJ}) \times P_W \times L_{W2} =$	0,00E+00
R_{Z2}	Risco de falhas dos sistemas internos por ELM por descargas perto da linha S4	$N_I \times P_Z \times L_{Z2} =$	0,00E+00

Risco de perda de serviço público			
R_2	Risco inaceitável de perda de serviço público	$R_{B2} + R_{C2} + R_{V2} + R_{W2} + R_{Z2} + R_{M2} =$	0,00E+00
R_{T2}	Risco tolerável		1,00E-03

5.1.1 Conclusão

A estrutura necessita de sistema de DPS coordenados até CLASSE III – IV. A estrutura não necessita de SPDA para que esteja protegida contra descargas atmosféricas.

Tabela 5 - Análise e gerenciamento de risco

Descidas	
Perímetro:	45,9 m
Espaçamento Médio:	Não será necessário qualquer descida
Número de descidas necessárias:	Não será necessário qualquer descida
Aterramento	
Resistividade do solo:	500 Ω /km
Re (o raio médio re da área abrangida pelos eletrodos):	6,32



6 MATERIAIS E PROCEDIMENTOS

6.1 Cabos

6.1.1 Cabos de cobre nu #35mm²

Cabo de cobre nu, meio duro ou duro em coroas concêntricas, para instalações de aterramento, equipotencialização e sistema de proteção contra descargas atmosféricas. Referência: Termotécnica, Prysmian, Ficap, Condumax ou similar.

6.1.2 Cabo de cobre nu #50 mm²

Cabo de cobre nu, meio duro ou duro em coroas concêntricas, para instalações de aterramento, equipotencialização e sistema de proteção contra descargas atmosféricas. Referência: Termotécnica, Prysmian, Ficap, Condumax ou similar.

6.2 Eletrodutos

6.2.1 Eletroduto de PVC Rígido Roscável

Eletroduto de PVC rígido roscável, com diâmetro Ø 1", antichama, na cor preta, imune a elementos nocivos do solo, alta resistência mecânica, comprimento de 3 m, com luvas e curvas de raio longo (raio igual ou superior a dez vezes o seu diâmetro interno). Referência: Tigre, Amanco, Termotécnica ou similar.

6.2.2 Curva 90° para eletroduto rígido de PVC, DN 32 mm, rosca Ø 1" BSP

Curva rígida 90° com rosca nas extremidades, fabricada em PVC, com diâmetro Ø 1", antichama, na cor preta, conforme ABNT NBR 15465. Referência: Tigre, Daixa, Amanco, Termotécnica ou similar.

6.2.3 Luva para eletroduto de PVC rígido, DN 32 mm, rosca Ø 1"

Luva roscada fabricada em PVC rígido, com diâmetro Ø 1", antichama, na cor preta, BSP conforme ABNT NBR 15465. Referência: Tigre, Amanco, Termotécnica ou similar.



6.2.4 Abraçadeira Tipo Colar, Cor Cinza em PVC, Ø 1" (DN 32 mm)

Abraçadeira tipo colar para eletroduto PVC rígido, na cor cinza ou preta, com diâmetro de Ø 1", utilizada para fixar eletrodutos e demais acessórios.

Referência: TEL-5510 da Termotécnica ou similar.

6.3 Componentes

6.3.1 Caixa de Equipotencialização com 5 Terminais para uso Interno e Externo, 180x150x90 mm, em Polipropileno

Caixa em polipropileno com 180 mm de altura, 150 mm de largura e 90 mm de profundidade, com barramento em cobre com cinco terminais de pressão em latão sendo quatro terminais para cabos de até #16 mm² e um terminal para cabo de até 50 mm², com tampa, para equalização de massas metálicas, equipamentos etc. a fim de evitar que a diferença de potencial gere correntes que possam causar danos a pessoas e equipamentos. Referência: TEL-902 da Termotécnica ou similar.

6.3.2 Caixa de inspeção para instalação de haste, Ø 300 mm, com tampa de ferro fundido reforçada

Caixa cilíndrica em polipropileno com 300 mm de diâmetro e altura de 300 mm, embutida no solo de modo a visualizar a haste e/ou cordoalha de aterramento, com tampa circular em ferro fundido com escotilha, com 300 mm de diâmetro e carga suportável de 340 kg. Referência: TEL-552PP e TEL-536 da Termotécnica ou similar.

6.3.3 Condulete de inspeção Ø 1" de PVC para eletroduto

Caixa 4x2" em PVC rígido, na cor cinza ou preta, com diâmetro de Ø 1", utilizada para instalar o conector de medição em latão. Referência: Tigre, Cemar, Daisa ou similar.



6.3.4 Conector de medição em latão com 4 parafusos, para cabos de cobre / aço cobreado 35-70 mm²

Conector de medição em latão com 4 parafusos para cabos de 35 a 70 mm² para realizar a conexão entre o cabo proveniente da descida com o cabo da malha de aterramento. Referência: TEL-560 da Termotécnica ou similar.

6.3.5 Conector de Pressão tipo Split-bolt em liga de cobre, 35 mm²

Conector de pressão Split-Bolt natural 35 mm², tipo parafuso fendido em cobre natural para cabos até 35 mm², utilizado para derivações e conexões entre cabos. Referência: TEL-5015 da Termotécnica ou similar.

6.3.6 Fixador universal de latão estanhado para cabos de 16 a 70 mm²

Fixador universal em latão estanhado para 2 condutores de 16 a 70 mm², utilizado para fixar o cabo na cobertura, derivações, conexões com estruturas diversas. Referência: TEL-5024 da Termotécnica ou similar.

6.3.7 Presilha de latão 35/50 mm² F5 mm

Presilha feita em latão, com 2 furos de Ø 5 mm² para cabos de cobre de 35/50 mm², resistente aos esforços realizados pelo cabo a ser fixado. Referência: TEL-744 da Termotécnica ou similar.

6.3.8 Hastes de aterramento Cobreada Alta Camada, Ø 3/4" x 2,40 m (Ø 17,3 mm - Efetivo)

Haste de aterramento tipo copperweld de alta camada, comprimento 2,4 m, diâmetro de 17,3 mm efetivo e 3/4" nominal, aço do núcleo SAE 1010/1020, revestimento em cobre eletrolítico de pureza mínima 99,9 % sem traços de zinco e espessura do revestimento de 254 microns. Referência: Referência TEL-5822 da Termotécnica ou similar.



6.3.9 Parafuso autoatarrachante em aço Inox, Ø 4,2 x 32 mm, fornecido com bucha de nylon

Parafuso inox autoatarrachante cabeça de panela 4,2 x 32 mm com bucha de nylon, fabricado em aço inoxidável A2-18.8(304), com acabamento passivado, rosca DIN 7970, chave Philips nº 2, bucha para fixação e ancoragem fabricada em nylon tipo S6x30 mm. Referência: TEL-5333 e TEL-5306 da Termotécnica ou similar.

6.3.10 Solda exotérmica, molde HCL 5/8.50-5, cartucho nº115, alicate Z-201

Método de soldagem com a reação química que gera calor, criando ligações permanentes dos metais e condutores elétricos, moldes fabricados em grafite, cartuchos de solda exotérmica (óxido de cobre de alumínio em pó), alicate para manuseio dos moldes. Referência: HCL 5/8.50-5, MHCL5850-05, NSEC0115, Z-201 e NSEZ0201 da Termotécnica ou similar.

6.3.11 Terminal de compressão de 1 furo para 1 cabo de 35mm² em cobre estanhado

Terminal à compressão de cobre eletrolítico estanhado, com um furo e uma compressão. Referência: TEL-5135 da Termotécnica ou similar.

6.3.12 Fixador ômega em Cobre 35 mm² Furo de 5 mm

Fixador ômega feito em cobre, com 2 furos de Ø5 mm para cabos de cobre ou aço cobreado 35mm², resistente aos esforços realizados pelo cabo a ser fixado. Referência: TEL-833 da Termotécnica ou similar.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Condutores horizontais devem ser fixados a cada 1 metro, condutores verticais devem ser fixados a cada 1,5 metros.

Para garantir uma instalação segura de descidas, é preferível que elas sejam colocadas nas quinas do edifício. Independentemente do método escolhido



para a captação, é essencial ter no mínimo duas descidas, especialmente se for necessário um sistema de Proteção contra Descargas Atmosféricas (SPDA). É importante observar que emendas não são permitidas. Além disso, para descidas feitas de cobre, a seção transversal mínima deve ser de 35 mm^2 , enquanto para as de aço galvanizado, deve ser de pelo menos 50 mm^2 . Essas diretrizes asseguram a eficácia e a conformidade das descidas com os padrões de segurança.

O anel de aterramento deve estar enterrado no mínimo de 50cm de profundidade solo e deverá ter afastamento de 1 metro das paredes da edificação, os condutores de aterramento deverão ser de cobre com seção de 50 mm^2 ou aço galvanizado com seção de 70 mm^2 .

O sistema de aterramento deve ser conectado a BEP (Barra de equipotencialização principal) da edificação e ao sistema de aterramento da concessionária local

Recomenda-se utilização de condutores curtos para equipotencialização, na conexão da malha de aterramento com a BEP deverá ser utilizado cordoalha de 50 mm^2 , para conexões entre BEP e BEL (se existir) utilizar cordoalha de 16 mm^2 e para equipotencialização de infraestrutura deverá ser utilizado jumpers e cordoalhas de 6 mm^2 .

Todos os critérios aqui estabelecidos podem ser alterados de acordo com a realidade executiva apresentada e de acordo com especificidades regionais e locais.



8 Norma Técnicas

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