



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE  
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA AGROALIMENTAR  
UNIDADE ACADÊMICA DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA AMBIENTAL  
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL**

**FRANCISCO VIEIRA DO NASCIMENTO NETO**

**PROJETO DE UM SISTEMA DE PROTEÇÃO CONTRA DESCARGAS  
ATMOSFÉRICAS - SPDA DE UM POSTO DE COMBUSTÍVEIS EM  
CAJAZEIRAS-PB**

**POMBAL – PB**

**2024**

FRANCISCO VIEIRA DO NASCIMENTO NETO

**PROJETO DE UM SISTEMA DE PROTEÇÃO CONTRA DESCARGAS  
ATMOSFÉRICAS - SPDA DE UM POSTO DE COMBUSTÍVEIS EM  
CAJAZEIRAS-PB**

Plano de Trabalho do TCC apresentado à Coordenação do Curso de Engenharia e a Unidade Acadêmica de Ciências e Tecnologia Ambiental (UACTA) da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG) como requisito parcial para matrícula na disciplina de TCC.

Orientador: Prof. Dr. Eduardo Morais de Medeiros

Coorientador: Rijdkaar Jácome de Oliveira

N244p

Nascimento Neto, Francisco Vieira do.

Projeto de um sistema de proteção contra descargas atmosféricas - SPDA de um posto de combustíveis em Cajazeiras-PB / Francisco Vieira do Nascimento Neto. – Pombal, 2024.

50 f. : il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar, 2024.

“Orientação: Prof. Dr. Eduardo Morais de Medeiros, Prof. Dr. Rijdkaar Jácome de Oliveira”.

Referências.

1. Descargas atmosféricas. 2. SPDA. 3. Posto de combustível. 4. Projeto técnico. II. Oliveira, Rijdkaar Jácome de. III. Título.

CDU 551.594.22(043)

UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE  
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA AGROALIMENTAR  
UNIDADE ACADÊMICA DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA AMBIENTAL  
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

PARECER DA COMISSÃO EXAMINADORA DE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO.

FRANCISCO VIEIRA DO NASCIMENTO NETO

**PROJETO DE UM SISTEMA DE PROTEÇÃO CONTRA DESCARGAS  
ATMOSFÉRICAS – SPDA DE UM POSTO DE COMBUSTÍVEIS EM CAJAZEIRAS -  
PB**

Trabalho de Conclusão de Curso do discente FRANCISCO VIEIRA DO NASCIMENTO NETO **APROVADO** em 05 de Junho de 2024 pela comissão examinadora composta pelos membros abaixo relacionados como requisito para obtenção do título de ENGENHEIRO CIVIL pela Universidade Federal de Campina Grande.

Registre-se e publique-se.



Assinado digitalmente por Eduardo Morais  
de Medeiros  
Razão: Eu sou o autor deste documento  
Localização: Pombal/PB  
Data: 2024.06.07 10:17:51-03'00"

Prof. Dr. Eduardo Morais de Medeiros  
(Orientador – UFCG)



Assinado digitalmente por LEOVEGILDO DOUGLAS PEREIRA DE  
SOUZA:08419377457  
Razão: Eu sou o autor deste documento  
Localização:  
Data: 2024.06.07 10:49:24-03'00"  
Foxit PDF Reader Versão: 2024.2.1

Prof. Dr. Leovegildo Douglas Pereira de Souza  
(Membro Interno – UFCG)

Rijdkaar Jácome de Oliveira  
(Coorientadora – UNIFSM)

Ingrid Rayara da Silva Lira  
(Membro Externo – IFPB)

*Dedico este trabalho a Deus e à minha família que me guiaram e me ajudaram a alcançar meus objetivos.*

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, por ter me ajudado a superar todas as dificuldades que enfrentei durante essa jornada acadêmica e por ter me dado forças no momento em que mais precisei.

À minha família, em especial a minha mãe, Lucia Galgani, a minha irmã, Gabriela Vieira, e a minha avó, Maria Aldenora, pelos sacrifícios e por todas as palavras de carinho e amor que tanto recebi. Eu amo vocês!

Ao meu pai, João Batista Vieira, que durante essa jornada virou uma estrela, e que eu tenho certeza de que está muito orgulhoso me olhando lá de cima. Seu segundo filho está se formando, pai!

À minha namorada, Ester Ribeiro, que por muitos momentos foi meu porto seguro, foi quem esteve do meu lado me ajudando a superar a saudade da minha família, obrigado por todas as palavras de incentivo e amor. Eu te amo, você me inspira demais!

Aos meus grupos de amigos, FF e CDO, que fiz durante esses anos, em especial Vitória Ramalho, Vitória Lacerda, Islaine Oliveira, Brena Fragoso e Thamara Oliveira. Vocês foram uma família pra mim, obrigado por todos os momentos juntos. Amo vocês!

À todos os professores que fizeram parte da minha formação, em especial ao meu orientador, Dr. Eduardo Moraes. Obrigado por ter aceitado o convite de me orientar nesse trabalho e por ter tornado a vida acadêmica mais leve.

Agradeço também a Melius Projetos, empresa que tive a oportunidade de realizar o estágio obrigatório, pela grande contribuição na minha formação acadêmica, proporcionando-me experiência prática com projetos, em especial ao meu supervisor Rijdkaar Jácome, que aceitou ser meu coorientador neste trabalho contribuindo bastante com a realização do mesmo. Estendo meu sentimento de gratidão a minha colega e amiga Didi.

À banca avaliadora pela disponibilidade, atenção e colaboração para com meu trabalho de conclusão de curso.

A todos que direta e indiretamente contribuíram de alguma forma para que eu chegasse até aqui.

## **Resumo**

Este trabalho apresenta o projeto técnico de um Sistema de Proteção contra Descargas Atmosféricas (SPDA) para um posto de combustíveis localizado em Cajazeiras, Paraíba. O objetivo principal é garantir a segurança das instalações, dos equipamentos e das pessoas contra os riscos associados às descargas atmosféricas frequentes na região. O trabalho abrange os principais aspectos do projeto, incluindo a fundamentação teórica sobre descargas atmosféricas, os requisitos normativos e legais aplicáveis, os princípios de funcionamento do SPDA e as especificidades do projeto para o contexto do posto de combustíveis. Com base em uma análise detalhada das necessidades do local e das diretrizes estabelecidas pelas normas técnicas brasileiras, o projeto proposto visa implementar um sistema eficaz e confiável de proteção contra descargas atmosféricas, integrado de forma adequada às demais medidas de segurança contra incêndios e às características específicas do posto de combustíveis. Espera-se que este trabalho contribua para a mitigação dos riscos associados às descargas atmosféricas e para a promoção da segurança e da proteção patrimonial no ambiente do posto de combustíveis em Cajazeiras, Paraíba.

**Palavras-chave:** Projeto técnico. Descargas atmosféricas. SPDA. Posto de combustíveis.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Fluxograma das etapas seguidas .....	3
Figura 2 – Formação da nuvem de tempestade .....	5
Figura 3 – Ilustração dos tipos de descargas existentes.....	7
Figura 4 – Fonte de dano por descarga atmosférica .....	11
Figura 5 – Proteção pelo método da gaiola de Faraday.....	14
Figura 6 – Ilustração de captor não natural do tipo Franklin.....	16
Figura 7 – Ilustração de captor não natural do tipo haste vertical .....	16
Figura 8 – Ilustração da área de proteção de um captor Franklin.....	17
Figura 9 – Ilustração de um sistema de aterramento em anel.....	19
Figura 10 – Fluxograma do procedimento de análise de risco .....	21
Figura 11 – Malha formada pelos condutores de cobertura e descidas na conveniência.....	24
Figura 12 – Malha formada pelos condutores de cobertura e descidas na cobertura das bombas .....	24
Figura 13 – Localização de minicaptos na cobertura das bombas de gasolina ...	25
Figura 14 – Localização do captor Franklin.....	25
Figura 15 – Equipotencialização da tubulação de respiro dos tanques de combustível .....	26
Figura 16 – Detalhe de conexão do pilar com o sistema de captação .....	26
Figura 17 – Detalhe de conexão entre captação e re-bar.....	27
Figura 18 – Ilustração do traçado do anel de aterramento.....	28
Figura 19 - Ilustração do traçado do anel de aterramento .....	28



## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Nível de proteção no método de Faraday .....	15
Tabela 2 – Ângulo de proteção devido ao nível de proteção do sistema.....	18
Tabela 3 – Riscos toleráveis de acordo com o tipo de perda .....	21
Tabela 4 – Comparação entre os riscos calculados sem SPDA e os riscos toleráveis.....	22
Tabela 5 – Comparação entre os riscos calculados com SPDA e os riscos toleráveis.....	22
Tabela 6 – Comparação entre os riscos calculados com SPDA e MPS e os riscos toleráveis.....	23
Tabela 7 – Espaçamento médio de cada descida de acordo com o nível de proteção ...	23

## **LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

SPDA – Sistema de Proteção contra Descargas Atmosféricas

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

NBR – Norma Brasileira aprovada pela Associação Brasileira de Normas Técnicas

DPS – Dispositivo de Proteção contra Surtos

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO .....	1
1.1. Objetivos .....	2
1.1.1. Objetivo Geral .....	2
1.1.2. Objetivos Específicos .....	2
1.2. Justificativa e Relevância .....	2
1.3. Metodologia .....	3
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA .....	4
2.1. Processo de formação das descargas atmosféricas .....	4
2.2. Descargas atmosféricas no Brasil.....	5
2.3. Classificação dos tipos de descargas .....	6
2.4. Legislação Vigente.....	9
2.5. Análise e gerenciamento de risco.....	9
2.5.1. Categorização de perdas e danos .....	10
2.6. Sistema de proteção contra descargas atmosféricas .....	12
2.7. Sistemas de captação .....	13
2.7.1. Método da gaiola de Faraday .....	13
2.7.2. Método de minicaptadores .....	15
2.7.3. Método Franklin .....	17
2.8. Sistemas de descidas .....	18
2.9. Sistemas de aterramento.....	19
3. PROJETO TÉCNICO .....	20
3.1. Características da edificação .....	20
3.2. Gerenciamento de risco .....	20
3.3. Definições gerais .....	23
3.4. Sistema de captação .....	24
3.5. Sistema de descidas .....	26
3.6. Sistema de aterramento .....	27
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	41

## **INTRODUÇÃO**

Desde os primórdios da civilização, a imponência e a imprevisibilidade dos fenômenos atmosféricos têm instigado a curiosidade humana. As descargas atmosféricas, em particular, destacam-se como um dos espetáculos mais grandiosos e, ao mesmo tempo, um dos eventos naturais mais temíveis.

Conforme dados disponíveis no portal do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), divulgados pelo Grupo de Eletricidade Atmosférica (ELAT), estima-se que o Brasil testemunhe aproximadamente 77,8 milhões de descargas atmosféricas anualmente, o que equivale a uma média de dois raios por segundo. Essa estatística se traduz em uma incidência de nove relâmpagos por metro quadrado a cada ano (INPE, 2017).

Cajazeiras é representado como o terceiro município com maior incidência de raios na Paraíba, conformedados de levantamento. Esta constatação reforça a imperatividade de implementar projetoseficientes de proteção contra descargas atmosféricas nessa localidade, evidenciando a urgência de estratégias preventivas e mitigatórias para preservar não apenas o patrimônio, mas, sobretudo, garantir a segurança da população frente a esse fenômeno natural (A União, 2021).

Uma edificação é considerada segura contra descargas atmosféricas a partir do momento em que todo o procedimento de instalação for projetado e construído de tal maneira que os componentes da estrutura, as pessoas, os equipamentos e instalações, que estejam permanentemente ou temporariamente em seu interior, fiquem efetivamente protegidos contra raios e seus efeitos pelo maior espaço de tempo possível (Cavalin, 2010).

Até o ano de 2015, a norma que tratava de projetos de Sistema e Proteção contra Descargas Atmosféricas (SPDA) era a NBR 5419:2005. A revisão de 2015 trouxe algumas mudanças significativas em relação à versão anterior, transformando uma norma pequena para outra dividida em quatro partes por conta da sua extensão.

Com isso, projetos de SPDA tornaram-se bem mais complexo e elaborado, sendo necessário realizar gerenciamento de risco para poder dimensionar o nível e o tipo de sistema e proteção.

Nesse contexto, tendo em vista o prejuízo causado por uma descarga atmosférica, o presente trabalho visa contribuir socialmente por meio da elaboração de um Projeto de Proteção contra Descargas Atmosféricas de um posto de combustível, localizado na cidade de Cajazeiras – PB.

## **1.1 OBJETIVOS**

### **1.1.1 Objetivos gerais**

Elaborar um projeto de SPDA customizado para o posto de combustíveis em Cajazeiras - PB, visando a segurança estrutural, operacional da instalação e populacional diante da ameaça de descargas atmosféricas.

### **1.1.2 Objetivos específicos**

Este trabalho tem como objetivos específicos:

- Realização de uma análise do posto de combustíveis;
- Identificação de áreas críticas e elementos vulneráveis às descargas atmosféricas;
- Dimensionar adequadamente os componentes do SPDA;
- Projetar e adaptar um sistema de proteção contra descargas atmosféricas.

## **1.2 Justificativa e Relevância**

Os sistemas de Proteção contra Descargas Atmosféricas (SPDA) são concebidos com o objetivo primordial de resguardar a integridade de pessoas, animais e materiais, como também, possíveis falhas em sistemas elétricos. Essas falhas podem variar desde pequenas fugas de corrente até a incidência direta de descargas atmosféricas em edificações habitadas, onde estão presentes materiais ou equipamentos suscetíveis a danos por surtos elétricos, além de mitigar o risco de incêndios decorrentes dessas falhas.

A principal preocupação do SPDA é garantir a segurança das vidas humanas, evitando sua exposição a grandes potenciais elétricos. Em segundo plano, a presença de um sistema eficiente de sistema de proteção previne danos materiais, protegendo estruturas, equipamentos e objetos de valor, reduzindo assim perdas financeiras. Este estudo destaca a importância e o desempenho dos sistemas SPDA, considerando suas implicações no meio ambiente, nas comunidades, na comunidade científica e nas entidades relacionadas.

O SPDA contribui significativamente para a mitigação de danos ambientais, como incêndios florestais e degradação de materiais, enquanto para a sociedade, proporciona uma redução expressiva das ameaças e riscos relacionados a danos ao patrimônio e às pessoas, ao

atrair as descargas atmosféricas para locais seguros. Nesse sentido, é essencial contar com o apoio de empresas comprometidas com a necessidade incontestável de implementação de sistemas SPDA, minimizando assim os danos diretos e indiretos causados por descargas atmosféricas.

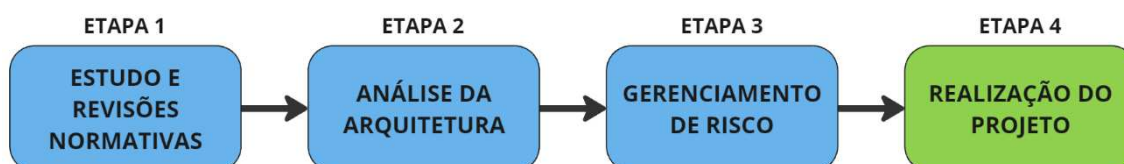
### 1.3 Metodologia

A metodologia adotada para o desenvolvimento do projeto de Sistema de Proteção contra Descargas Atmosféricas (SPDA) para o posto de combustível baseia-se em uma abordagem sistemática e abrangente. Primeiramente, serão consultadas as normas técnicas pertinentes, em especial a NBR 5419 partes 1, 2, 3 e 4, que estabelecem as diretrizes para o projeto, instalação e manutenção de SPDA.

Além das normas, serão utilizados diversos materiais de apoio, incluindo apostilas, livros, artigos científicos e trabalhos de conclusão de curso relacionados ao tema. Esses materiais forneceram embasamento teórico e prático para a elaboração do projeto, ajudando a compreender os conceitos, requisitos e melhores práticas relacionadas ao SPDA.

A metodologia adotada para a realização deste trabalho foi dividida em etapas sequenciais que visavam garantir a eficácia na elaboração do projeto. O processo seguiu o fluxograma descrito a seguir:

Figura 1 - Fluxograma das etapas seguidas.



Fonte: Autor, 2024.

- Etapa 1: Inicialmente, foi conduzida uma revisão normativa da NBR 5419/2015, contemplando suas partes 1, 2, 3 e 4. Além disso, foram realizados estudos aprofundados por meio de minicursos e videoaulas relacionados ao tema do projeto.
- Etapa 2: Em seguida, foi realizada uma análise detalhada da arquitetura do posto de combustível. Isso incluiu a avaliação minuciosa das características arquitetônicas da edificação, como área construída, altura, disposição das estruturas, materiais de construção e layout geral. Essa análise foi fundamental para compreender as

particularidades da estrutura e identificar as áreas críticas que requerem uma maior atenção para a proteção contra descargas atmosféricas.

- Etapa 3: Dando início ao projeto, foi realizada a execução dos cálculos para análise e gerenciamento de risco do projeto de SPDA do posto de combustível. Para isso, foi utilizado o software de planilhas Excel, que permitiu realizar os cálculos de forma ágil, precisa e eficiente. Nessa etapa, foram considerados diversos parâmetros, como características da edificação, localização geográfica, dados climáticos e normativas técnicas pertinentes, conforme estabelecido pela NBR 5419. Os cálculos realizados visaram determinar a necessidade e a adequação do sistema de proteção contra descargas atmosféricas, avaliando os riscos associados e garantindo a conformidade com as normas de segurança estabelecidas.
- Etapa 4: Por fim, foi realizado o projeto detalhado do Sistema de Proteção contra Descargas Atmosféricas (SPDA) para o posto de combustível. Nessa fase, foram tomadas decisões importantes relacionadas aos métodos de captação, descida e aterramento, levando em consideração as características específicas da edificação. Foram escolhidos os tipos adequados de captadores, condutores de descida e sistemas de aterramento, visando garantir a máxima eficiência na proteção contra descargas atmosféricas. Além disso, foram definidos os materiais a serem utilizados, o traçado dos condutores e a distribuição dos elementos do SPDA na estrutura do posto de combustível.

## **2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

### **2.1 Processo de formação das descargas atmosféricas**

As descargas atmosféricas, comumente denominadas raios, constituem um dos fenômenos naturais mais poderosos e impactantes. Originam-se durante tempestades formadas pela interação entre água e calor. O aquecimento do ar úmido pelo sol resulta em sua ascensão, enquanto o ar circundante mais frio e a redução da pressão atmosférica promovem a condensação e formação de nuvens. Sob certas condições, as nuvens se tornam mais densas e crescem verticalmente, culminando em cumulonimbus, prenunciando a formação de raios.

Nuvens de tempestades possuem diâmetros médios aproximados entre 10 e 20km, atingindo velocidades compreendidas entre 40 e 50 km/h com durações médias entre 30 e 90 minutos (Jr; Pinto, 2000).

Durante o ciclo de vida de uma tempestade, gotículas de água maiores precipitam-se como chuva, enquanto as menores ascendem e congelam-se em cristais de gelo nas regiões superiores da nuvem. O movimento ascendente contínuo das menores gotículas e cristais cria correntes de convecção, impulsionando a ascensão do granizo, que colide com partículas menores, promovendo o desprendimento de elétrons dos cristais de gelo, resultando em uma carga elétrica positiva. Isso provoca a eletrificação da nuvem, com uma polaridade positiva na parte superior e negativa na inferior.

Figura 2 - Formação da nuvem de tempestade.



Fonte: ELAT.

Os raios se formam a partir de descargas elétricas iniciais denominadas líderes escalonados. Conforme esses líderes descem em direção ao solo, podem ramificar-se pelo caminho. A acumulação de cargas elétricas positivas em objetos pontiagudos, como árvores, postes e agulhas de pinheiro, induz a emissão de faixas luminosas ascendentes em direção aos líderes descendentes. O contato entre esses líderes e as cargas acumuladas nos objetos propicia o surgimento das descargas atmosféricas, caracterizadas por uma rápida liberação de corrente elétrica para o solo.

## 2.2 Descargas atmosféricas no Brasil

De acordo com informações do INPE, o Brasil se destaca como o país com o maior número de ocorrências de raios em todo o mundo, registrando aproximadamente 70 milhões de casos em seu território anualmente. (De Stéfani, 2011).

No Brasil, as descargas atmosféricas representam um fenômeno significativo devido às características climáticas e geográficas do país. Com uma vasta extensão territorial e uma



diversidade de ecossistemas, o Brasil está sujeito a uma alta incidência de raios, principalmente durante as estações quentes e úmidas.

Diante desse cenário, o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) desempenha um papel fundamental no monitoramento e estudo das descargas atmosféricas. Por meio do Grupo de Eletricidade Atmosférica (ELAT), o INPE é responsável por realizar pesquisas, coletar dados e fornecer informações sobre o comportamento e a distribuição dos raios no território brasileiro.

O ELAT foi criado em 1999 e tem como principal objetivo estudar os fenômenos elétricos atmosféricos, incluindo as descargas atmosféricas, suas causas e efeitos. Segundo o INPE, através de uma rede de sensores e instrumentos de monitoramento distribuídos em todo o país, o ELAT coleta dados em tempo real sobre a ocorrência de raios, contribuindo para o desenvolvimento de estratégias de prevenção e mitigação de danos causados por tempestades elétricas.

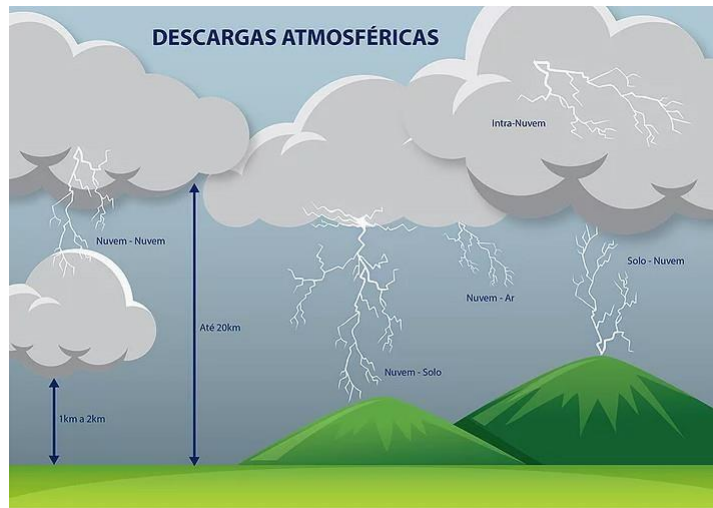
“Este serviço é realizado de forma não automática por uma equipe altamente qualificada, utilizando uma metodologia desenvolvida pelo ELAT baseada em informações integradas provenientes de diversas técnicas. O alerta é enviado via telefone fixo, telefone celular e/ou e-mail” confirma o INPE em seu portal.

Dessa forma, o trabalho do INPE e do ELAT é essencial para compreender melhor as descargas atmosféricas no Brasil, sua frequência, intensidade e padrões de distribuição. Essas informações são fundamentais para a elaboração de políticas públicas, normas técnicas e medidas de proteção contra os riscos associados aos raios, incluindo a implementação de sistemas de proteção contra descargas atmosféricas (SPDA) em diversas estruturas, como o caso dos postos de combustíveis.

### **2.3 Classificação dos tipos de descargas**

Existem várias maneiras de classificar as descargas atmosféricas. Uma abordagem correta é categorizá-las com base no percurso que as mesmas realizam, ou seja, identificando o local de origem e destino. Seguindo esse critério, temos quatro tipos principais: intra-nuvem, entre nuvens, nuvem-ar e, por fim, nuvem-solo (Lima, 2005).

Figura 3 - Ilustração dos tipos de descargas existentes.



Fonte: Descargas Atmosféricas, 2018 – Brito, Guilherme.

As descargas intra-nuvem, como o próprio nome sugere, são eventos que ocorrem dentro das nuvens. São descargas elétricas que se deslocam de um centro de carga para outro com polaridade inversa dentro da própria nuvem, não se dirigindo ao solo. Esses eventos são os mais frequentes, devido à diminuição da capacidade isolante do ar com a altura e à proximidade das regiões eletricamente carregadas com polaridades opostas dentro da nuvem. Segundo Potier, estes tipos de descargas representam aproximadamente 70% de todas as descargas atmosféricas atuais. Com poucos efeitos sobre a superfície terrestre, este tipo de descarga está associado a clarões presentes nas nuvens durante o início das tempestades (Lima, 2005).

As descargas entre nuvens, como o próprio nome indica, acontecem entre centros de carga com polaridades opostas em nuvens distintas. Similarmente às descargas intra-nuvem, esse tipo de fenômeno não alcança o solo, o que pode parecer menos relevante para os projetistas de sistemas de proteção. No entanto, há relatos e registros de casos em que essas descargas atingiram estruturas de aeronaves que estavam entre as nuvens, demonstrando a importância de compreender e mitigar os riscos associados a esses eventos.

As descargas nuvem-ar recebem essa denominação devido à sua origem em uma nuvem, porém, elas não alcançam o solo nem outra nuvem. Por essa razão, também podem ser referidas como descargas entre nuvens e estratosfera (Potier, 2010). Essas descargas acontecem devido à presença de bolsões de cargas na estratosfera, os quais se formam em torno das nuvens de tempestade e são responsáveis por esse tipo de ocorrência.

As chamadas descargas nuvem-solo recebem esse nome porque ocorrem entre a nuvem

e o solo. Das diversas formas de descargas atmosféricas, as nuvem-solo representam cerca de 30% do total (Romero, 2007). Esse tipo de descarga é objeto de inúmeros estudos e desperta grande curiosidade, pois apresenta o maior potencial de risco para a sociedade, devido ao seu alto poder destrutivo.

Considerando a direção da transferência de carga entre a nuvem e o solo, as descargas atmosféricas podem ser classificadas em dois tipos principais: positivas e negativas. Além disso, se observarmos o movimento da descarga em relação ao solo, podemos dividi-las em ascendentes ou descendentes. Em termos de duração, as descargas atmosféricas geralmente duram em média cerca de um quarto de segundo, embora haja relatos de variações que vão de um décimo de segundo a dois segundos. Quanto ao comprimento, há uma ampla gama de variações, com algumas descargas medindo apenas alguns metros e outras se estendendo por dezenas de quilômetros (Visacro, 2005).

Nas descargas negativas, a corrente elétrica flui do solo para a nuvem de tempestade. Esse é o tipo mais comum de descarga atmosférica, representando aproximadamente 90 a 95% de todas as descargas nuvem-solo. As descargas negativas ocorrem quando há um excesso de cargas negativas acumuladas na base da nuvem, o que resulta em uma transferência de elétrons do solo para a nuvem. Embora também possam ser muito poderosas, as descargas negativas tendem a ser menos destrutivas do que as positivas (Potier, 2010).

As descargas positivas são menos comuns do que as negativas, representando cerca de 5 a 10% de todas as descargas nuvem-solo. Nesse tipo de descarga, uma corrente elétrica flui da nuvem em direção ao solo. Elas ocorrem quando há um excesso de cargas positivas acumuladas na base da nuvem de tempestade, o que resulta em uma transferência de elétrons para o solo. Esse tipo de descarga é geralmente associado a nuvens de tempestade mais intensas e pode causar danos significativos a estruturas e equipamentos no solo (Potier, 2010).

As descargas ascendentes ocorrem quando a carga elétrica positiva acumulada no solo é atraída pela carga negativa na base da nuvem, movendo-se da superfície terrestre em direção à nuvem. Geralmente menos comuns, essas descargas são observadas em áreas elevadas ou estruturas proeminentes, como torres e edifícios altos. Por outro lado, as descargas descendentes envolvem o movimento de corrente elétrica da nuvem para o solo, sendo mais frequentes e representando um risco significativo para estruturas e pessoas presentes na área de impacto. Essas descargas são associadas a raios que atingem diretamente o solo, quando a carga negativa na nuvem é atraída pela carga positiva acumulada na superfície terrestre (Visacro, 2005).

## **2.4 Legislação Vigente**

A elaboração de um projeto técnico de um sistema de proteção contra descargas atmosféricas é norteada pela norma brasileira NBR 5419/2015, elaborada pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). Esta norma estabelece os procedimentos necessários para o projeto, instalação, inspeção, manutenção e ensaios de sistemas de proteção contra descargas atmosféricas (SPDA), visando garantir a segurança de edificações, estruturas e pessoas contra os efeitos prejudiciais das descargas atmosféricas, estabelecendo critérios técnicos e parâmetros de projeto para a eficácia e adequação dos sistemas de proteção (ABNT, 2015).

A NBR 5419/2015 é uma atualização da norma de 2005. Essa reformulação veio dividida em 4 partes, o que mostra um grande aumento do rigor técnico dessa norma. A nova norma trouxe atualizações e revisões para garantir a conformidade com os avanços tecnológicos, práticas de engenharia atualizadas e experiências adquiridas ao longo do tempo. Essas mudanças visaram aprimorar os critérios de dimensionamento dos sistemas de proteção contra descargas atmosféricas, bem como atualizar as recomendações técnicas relacionadas ao projeto, instalação, inspeção e manutenção desses sistemas.

Uma das principais alterações foi a inclusão de novos conceitos, termos e definições para refletir os desenvolvimentos na área de proteção contra descargas atmosféricas. Além disso, os critérios de dimensionamento foram aprimorados para melhor atender às necessidades atuais e garantir uma proteção mais eficaz contra os efeitos das descargas atmosféricas.

## **2.5 Análise e gerenciamento de risco**

Segundo a NBR 5419/2015, o gerenciamento de risco é o processo sistemático de identificação, avaliação e mitigação dos riscos relacionados às descargas atmosféricas. Isso inclui a análise detalhada das ameaças potenciais representadas por raios, bem como a determinação das medidas de proteção adequadas para reduzir esses riscos a níveis aceitáveis. O gerenciamento de risco envolve a avaliação da probabilidade de ocorrência de descargas atmosféricas, a análise das consequências desses eventos e a implementação de estratégias para minimizar os danos às pessoas, propriedades e meio ambiente.

Na parte dois da NBR 5419/2015 - Gerenciamento de Risco, observa-se uma mudança substancial em relação à versão de 2005, onde a classificação de risco era mais simplificada e

muitas vezes pré-estabelecida. Agora, há uma exigência de detalhamento, com uma análise mais precisa para definir o risco. Esta seção apresenta uma metodologia para quantificar o risco, visando determinar se ele é considerado aceitável ou não, levando em consideração perdas ou danos de valor social, como o patrimônio cultural, vidas humanas e serviços públicos.

Na versão de 2005, a análise de risco era conduzida com base em três cálculos e menos de dez parâmetros de entrada. Seu objetivo se limitava a determinar se um Sistema de Proteção contra Descargas Atmosféricas (SPDA) era necessário e qual seria seu nível de proteção (ABNT, 2005, p. 29-36). A nova versão, por sua vez, introduz um método que emprega cerca de trinta equações e leva em conta aproximadamente cinquenta parâmetros de entrada. O Sistema de Proteção contra Descargas Atmosféricas (SPDA) não é mais a única medida de proteção; ele se integra a outras medidas apresentadas nas diversas partes da norma, como, por exemplo, a utilização de Dispositivos de Proteção contra Surtos (DPS). Além disso, as medidas de proteção aplicáveis agora são consideradas como parte dos parâmetros de entrada, o que torna os cálculos iterativos. Essa iteração possibilitou não apenas determinar a necessidade de proteção, como na versão anterior, mas também identificar quais medidas de proteção devem ser aplicadas (ABNT, 2015).

### **2.5.1 Categorização de perdas e danos**

Os quatro tipos de perdas causadas por descargas atmosféricas são definidos como:

- Perda de vida humana (L1): Refere-se aos danos diretos ou indiretos causados às pessoas devido à incidência de raios, podendo resultar em ferimentos graves, morte ou outras complicações de saúde.
- Perda de serviço ao público (L2): Envolve interrupções ou falhas em serviços essenciais prestados à comunidade, como energia elétrica, comunicações, sistemas de transporte, serviços de emergência, entre outros, devido aos efeitos das descargas.
- Perda de patrimônio cultural (L3): Relaciona-se com os danos causados a edificações, monumentos, obras de arte, arquivos históricos, museus e outros elementos culturais de valor significativo, devido à incidência de raios e aos efeitos secundários das descargas atmosféricas.
- Perda de valor econômico (L4): Refere-se aos prejuízos materiais, financeiros e econômicos decorrentes dos danos causados por descargas atmosféricas, como a destruição de equipamentos, instalações, infraestruturas, culturas agrícolas, entre outros,

bem como os custos associados à recuperação e reparação desses danos.

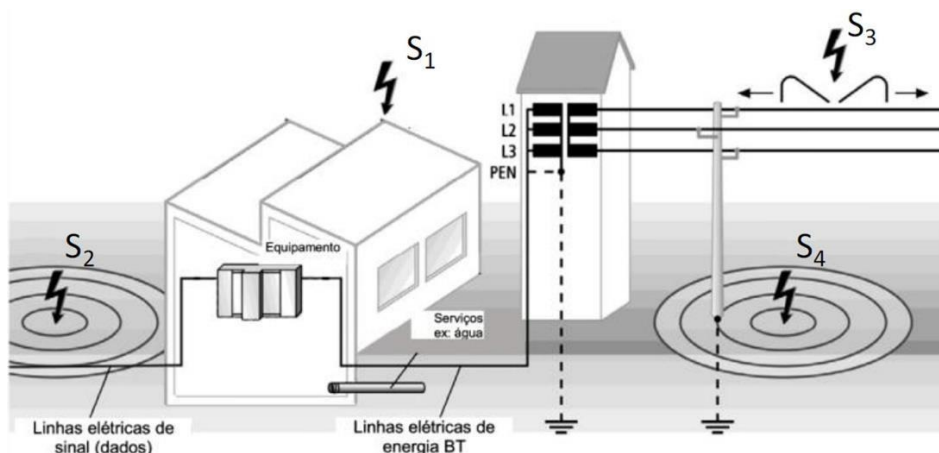
Os tipos de perda que envolvem vida humana, serviço público e patrimônio cultural são categorizados como perdas de valor social, sendo mandatório realizar sua análise. Por outro lado, a avaliação das perdas relacionadas ao valor econômico é facultativa, sujeita à decisão do projetista (ABNT, 2015<sup>a</sup>, p. 12-13).

Esses tipos de perda resultam de diferentes tipos de danos ocasionados pelas descargas que são definidos como:

- Dano a seres vivos (D1): Danos devidos a choques por tensões de passo e toque, podendo causar perda de valor econômico (L4), caso haja animais produtivos na estrutura e de vida humana (L1).
- Dano físico à estrutura (D2): Danos consequentes de incêndios, explosões, destruição mecânica e liberação de produtos químicos. Esse tipo de dano pode causar todos os tipos de perda.
- Dano por falha de sistemas internos (D3): Os danos resultantes de falhas nos sistemas internos, devido a surtos de tensão nas linhas de energia ou sinal que penetram na estrutura, podem gerar consequências indiretas, como perda de serviço ao público (L2) e de valor econômico (L4), além de representar um risco para a vida humana (L1), especialmente em situações de risco imediato à vida, como em hospitais, onde as falhas podem levar a perigos de explosão ou colocar vidas em perigo.

Por último, as descargas atmosféricas que provocam esses danos são categorizadas de acordo com o local de impacto, sendo denominadas fontes de dano.

Figura 4 - Fonte de dano por descarga atmosférica.



Fonte: <https://www.linkedin.com/pulse/artigo-proteção-contra-descargas-atmosféricas>.

Estas fontes de danos são classificadas da seguinte forma:

- Descarga atmosférica na estrutura (S1): Refere-se à ocorrência de uma descarga atmosférica direta sobre a própria estrutura, podendo gerar todos os tipos de dano.
- Descarga atmosférica próxima à estrutura (S2): Indica uma descarga atmosférica que ocorre nas proximidades da estrutura, mas não diretamente sobre ela. Mesmo sem o impacto direto, ainda pode causar danos devido a efeitos indiretos, como indução eletromagnética. Esse tipo de fonte pode gerar danos por falha de sistemas internos (D3).
- Descarga atmosférica nas linhas de energia e sinal (S3): Envolve descargas que atingem as linhas de energia elétrica e sinal que se conectam à estrutura. Essas descargas podem causar danos aos sistemas elétricos e eletrônicos, afetando o funcionamento dos equipamentos.
- Descarga atmosférica próxima às linhas de energia e sinal (S4): Refere-se a descargas que ocorrem nas proximidades das linhas de energia e sinal que se conectam à estrutura, mas sem impactá-las diretamente. Essas descargas ainda podem induzir correntes prejudiciais nos sistemas conectados, resultando em danos por falha de sistemas internos (D3).

## **2.6 Sistema de proteção contra descargas atmosféricas**

Com o intuito de reduzir os impactos causados pelas descargas atmosféricas, como perturbações nas redes elétricas e danos a edificações e estruturas, bem como o elevado risco de lesões e morte para pessoas e animais nas proximidades do ponto de contato do raio com o solo, foi concebido o Sistema de Proteção Contra Descargas Atmosféricas – SPDA (Mamede Filho, 2012).

O Sistema de Proteção Contra Descargas Atmosféricas (SPDA) é uma medida primordial para mitigar os danos físicos causados pelas descargas atmosféricas em estruturas. Seu objetivo principal é proporcionar um caminho de menor resistência para conduzir qualquer descarga atmosférica que incida direta ou indiretamente sobre a edificação protegida em direção ao solo. O SPDA é composto por dois sistemas distintos: o sistema externo e o sistema interno, conforme estipulado pela norma NBR 5419:2015.

O sistema de proteção externo desempenha um conjunto de funções essenciais para garantir a segurança das estruturas: ele intercepta a descarga atmosférica em direção à

edificação por meio do subsistema de captação, conduz a corrente da descarga de forma segura até o solo através do subsistema de descida e, por fim, dispersa essa corrente no solo pelo subsistema de aterramento.

Por outro lado, o sistema de proteção interno visa reduzir os riscos de faíscas dentro da área protegida pelo sistema externo, utilizando conexões equipotenciais ou isolamento elétrico entre os componentes do SPDA externo e outros elementos condutores presentes na estrutura.

O SPDA compreende três sistemas distintos: o sistema de captadores, cuja função é atrair os raios e servir como pontos de contato direto com a descarga atmosférica; o sistema de descida, responsável por transportar a energia que atinge os captadores; e o sistema de aterramento, cujo propósito é dispersar a carga que percorre o sistema de descida para o solo (Mamede Filho, 2012).

## **2.7 Sistemas de captação**

As formas de captação, em um SPDA, desempenham um papel crucial na eficácia do sistema. Existem diversas técnicas de captação que podem ser empregadas em um projeto de SPDA, cada uma com suas características e aplicações específicas.

Os terminais aéreos, conhecidos como para-raios, são dispositivos projetados para capturar as descargas atmosféricas que incidem direto nas estruturas. Compostos por hastes metálicas pontiagudas, os captadores precisam ter alta capacidade térmica para resistir a picos de tensão durante as descargas.

Existem diferentes tipos de captadores, sendo os mais comuns o método da Gaiola de Faraday, o método de Mini-captadores e o método de Franklin. A escolha entre eles depende das características específicas de cada projeto, como altura da estrutura, impactando diretamente na seleção do modelo mais adequado.

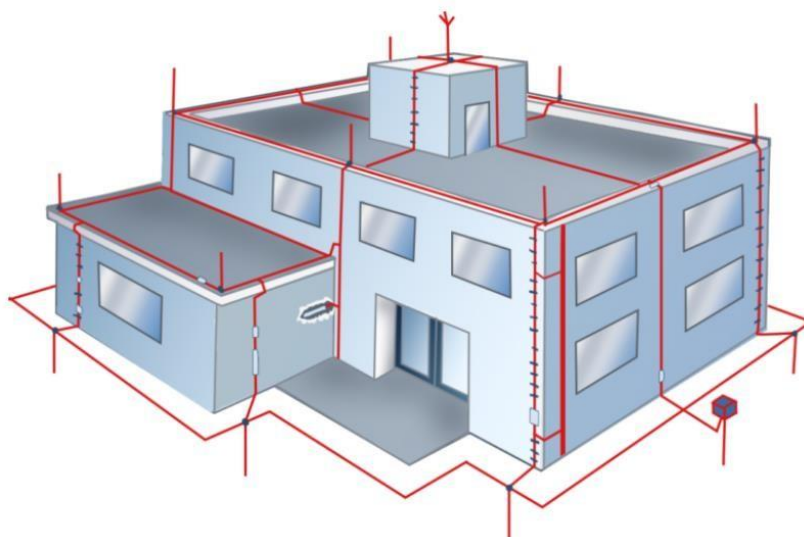
### **2.7.1 Método da gaiola de Faraday**

O Método da Gaiola de Faraday se baseia nos princípios experimentais desenvolvidos pelo cientista Michael Faraday. A essência deste método reside na construção de uma gaiola metálica que envolve um corpo, proporcionando-lhe proteção contra correntes transitórias. Essa estrutura age como uma blindagem, impedindo a incidência direta e o percurso da corrente de descarga através do corpo protegido (Visacro, 2005).



A aplicação do método da gaiola de Faraday envolve a projeção de uma estrutura em formato de gaiola ao redor do volume a ser protegido, abrangendo completamente a área da estrutura a ser protegida. Dessa forma, qualquer descarga atmosférica que atinja a gaiola terá sua corrente direcionada pela própria estrutura da gaiola, sem afetar o volume interno protegido. Esse método, nomeado em homenagem a Faraday, proporciona uma proteção eficaz contra descargas atmosféricas. A Figura 5 ilustra a aplicação de um SPDA utilizando o método de Faraday.

Figura 5 – Proteção pelo método da gaiola de Faraday.



Fonte: <https://thorusengenharia.com.br/spda-o-que-e-e-quais-sao-os-principais-tipos>.

Este método é utilizado em edificações que possuem estruturas metálicas em suas coberturas, sendo especialmente comum em galpões industriais. Além disso, é aplicado em construções que apresentam uma grande extensão de cobertura, onde seria impraticável ou pouco eficiente a instalação de vários mastros para a instalação do SPDA (Creder, 2007).

A efetividade deste método é influenciada pelo tamanho do módulo da gaiola de Faraday. O módulo é determinado pelo espaçamento entre os condutores que compõem a gaiola. Um módulo muito grande, com espaçamento amplo, tende a ter uma eficiência reduzida. A Tabela 1 apresenta a relação entre a largura do módulo e o nível de proteção, sendo importante ressaltar que o comprimento do módulo não deve exceder o dobro da largura.

Tabela 1 – Nível de proteção no método de Faraday.

<b>Nível de Proteção</b>	<b>Largura do módulo da mala</b>
I	5
II	10
III	10
IV	20

Fonte: ABNT, 2015.

### 2.7.2 Método de minicaptadores

Segundo a norma ABNT (2015) o sistema captor pode ser composto por hastes, cabos tensionados, condutores em malha e/ou elementos naturais. Ela permite qualquer combinação entre esses elementos. Os captadores podem ser categorizados como naturais ou não naturais, dependendo de sua construção.

O método de minicaptadores desempenha o papel fundamental de receber o impacto direto das descargas atmosféricas. Esses captadores são elementos condutores expostos, geralmente localizados na parte mais alta da estrutura, tornando-se os pontos preferenciais de incidência de raios.

Os captadores não naturais são elementos condutores que são instalados externamente à estrutura principal. Esses captadores são posicionados nas partes mais elevadas da edificação e são feitos de materiais condutivos, como cobre ou alumínio. Exemplos de captadores não naturais incluem hastes verticais, do tipo Franklin e malhas de condutores expostos.

Os captadores do tipo Franklin são componentes metálicos projetados especificamente para interceptar descargas atmosféricas. Eles consistem em três ou quatro elementos pontiagudos, formando um conjunto que necessita de um suporte metálico denominado mastro. A extremidade superior do mastro é onde o captador é fixado, enquanto sua base é firmemente instalada no topo da estrutura a ser protegida. Este arranjo assegura que o captador esteja adequadamente posicionado para receber o impacto direto dos raios, proporcionando uma via segura para a corrente elétrica ser conduzida até o sistema de descida e, eventualmente, ao solo (Mamede, 2012).

Figura 6 – Ilustração de captor não natural do tipo Franklin.



Fonte: <https://tel.com.br/produto/captore-tipo-franklin-uma-descida>.

O sistema de hastes verticais consiste em elementos metálicos de pequeno comprimento conectados às malhas captadoras. Este sistema é comumente empregado em projetos que utilizam o método da Gaiola de Faraday. As hastes verticais são utilizadas para evitar que o centelhamento, decorrente do impacto das descargas atmosféricas sobre os condutores horizontais, cause danos ao material de cobertura da edificação a ser protegida (Mamede, 2012).

Figura 7 – Ilustração de captor não natural do tipo haste vertical.



Fonte: <https://tel.com.br/produto/minicaptore-em-aco-gf-sem-bandeira-horizontal>.

Os captosres naturais, segundo a ABNT, são elementos condutores que fazem parte integrante da estrutura da edificação e que podem ser utilizados como componentes do Sistema de Proteção contra Descargas Atmosféricas (SPDA). Esses captosres incluem elementos metálicos já existentes na construção, como telhas metálicas, estruturas de aço, dutos metálicos, entre outros. A utilização de captosres naturais pode proporcionar economia e simplificação no projeto do SPDA, desde que sejam verificados quanto à continuidade elétrica e capacidade de suportar as correntes de descarga atmosférica sem sofrer danos.

### 2.7.3 Método Franklin

O método de captor Franklin, também conhecido como método de ponta, é uma técnica utilizada em sistemas de proteção contra descargas atmosféricas. Este método consiste na determinação de um cone de proteção, dentro do qual o volume a ser protegido deve estar inteiramente contido. Este cone é projetado de acordo com o nível de proteção necessário e a altura da estrutura, garantindo que qualquer descarga atmosférica seja interceptada pelo captor e conduzida de forma segura ao solo, evitando danos à edificação (Mamede, 2012).

Figura 8 – Ilustração da área de proteção de um captor Franklin.



Fonte: <https://www.pabloguimaraes-professor.com.br/post/metodo-de-franklin-o-metodo-do-angulo-de-protecao>.

O método Franklin é preferencialmente utilizado em estruturas altas e delgadas. No entanto, em edificações com alturas superiores a 20 metros, este método pode não ser tão eficiente, pois sua aplicação isolada pode não prevenir adequadamente a ocorrência de descargas laterais. Nessas situações, é necessário complementar o sistema para garantir uma proteção abrangente contra descargas atmosféricas laterais.

A escolha da angulação do captor Franklin em um Sistema de Proteção contra Descargas Atmosféricas (SPDA) é determinada pela altura e formato da estrutura a ser protegida, bem como pela sua exposição a descargas atmosféricas. A angulação adequada do captor permite maximizar sua eficácia na captação de raios, direcionando-os de forma eficiente para o sistema de proteção. A tabela 1 apresenta os ângulos de proteção recomendados para diferentes níveis de proteção e alturas dos captadores.

Tabela 2 – Ângulo de proteção devido ao nível de proteção do sistema.

Nível de Proteção	Ângulo de proteção em função da altura Captor-Solo - Método Franklin				
	0 - 20m	21 - 30m	31 - 45m	46 - 60m	>60m
I	25°	(A)	(A)	(A)	(B)
II	35°	25°	(A)	(A)	(B)
III	45°	35°	25°	(A)	(B)
IV	55°	45°	35°	25°	(B)

Fonte: ABNT, 2015.

(A) – Aplicam-se somente métodos eletromagnéticos, malha ou gaiola de Faraday;

(B) – Aplicam-se somente o método gaiola de Faraday.

## 2.8 Sistemas de descidas

Os condutores de descida desempenham um papel crucial no Sistema de Proteção contra Descargas Atmosféricas (SPDA), conectando os terminais captadores ao sistema de aterramento e proporcionando um caminho de menor resistência para a corrente elétrica das descargas atmosféricas. Esses condutores devem ser projetados de maneira a garantir várias características essenciais, incluindo:

- Estabelecimento de múltiplos caminhos paralelos para a corrente elétrica, garantindo uma distribuição eficiente da carga ao longo do sistema de descida.
- Minimização do comprimento total do percurso da corrente elétrica, reduzindo assim a resistência e aumentando a eficácia do sistema.
- Implementação de equipotencialização com as partes condutoras da estrutura, garantindo que todas as partes metálicas estejam no mesmo potencial elétrico durante uma descarga atmosférica, o que ajuda a prevenir danos causados por diferenças de potencial.

Essas características são essenciais para assegurar a eficácia do subsistema de descida em proteger a edificação contra os efeitos das descargas atmosféricas, minimizando os danos e garantindo a segurança das pessoas e dos equipamentos dentro da estrutura.

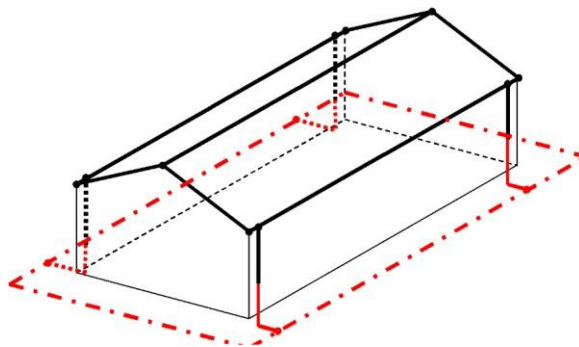
Quanto maior for o número de condutores de descida, dispostos em um espaçamento regular ao redor do perímetro e interligados pelos anéis condutores, menor será a probabilidade de ocorrência de descargas atmosféricas e centelhamentos perigosos. Isso facilita a proteção das instalações internas contra os efeitos nocivos das descargas atmosféricas (ABNT, 2015).

## 2.9 Sistemas de aterramento

O sistema de aterramento tem a função de dissipar para o solo a energia proveniente de descargas atmosféricas, visando minimizar sobretensões perigosas. É fundamental garantir uma baixa resistência de aterramento, adequada ao tipo de eletrodo, à topologia do terreno e à resistividade do solo local. Um único sistema de aterramento deve ser projetado para atender às necessidades de proteção contra descargas atmosféricas, sistemas elétricos, estruturas metálicas e sistemas de comunicação, como TV a cabo e dados (Visacro, 2002).

A norma NBR 5419:2015 estabelece diretrizes para o projeto de sistemas de proteção contra descargas atmosféricas (SPDA), incluindo recomendações sobre o sistema de aterramento. O sistema de aterramento do SPDA pode ser implementado por meio de diversas técnicas. Entre elas, destacam-se o aproveitamento das armaduras das fundações como eletrodos naturais e a utilização do método dos condutores em anel, posicionados externamente à estrutura a ser protegida, com pelo menos 80% do seu comprimento em contato direto com o solo (ABNT, 2015).

Figura 9 – Ilustração de um sistema de aterramento em anel.



Fonte: <https://www.osestoreletrico.com.br/criterios-basicos-de-dimensionamento-de-aterramento-para-spda>.

Em relação ao sistema de aterramento em anel, a norma sugere que ele seja utilizado em estruturas maiores ou complexas, onde é necessária uma distribuição eficiente da corrente de descarga atmosférica. Esse tipo de aterramento consiste em um anel condutor enterrado ao redor da estrutura a ser protegida, formando um caminho de baixa resistência para a corrente de descarga. O objetivo é garantir uma dispersão uniforme da corrente pelo solo, minimizando as diferenças de potencial e protegendo adequadamente a estrutura contra danos causados por descargas atmosféricas.

### **3. PROJETO TÉCNICO**

Para o dimensionamento e realização do Projeto de Sistema de Proteção Contra Descargas Atmosféricas (SPDA), seguimos as diretrizes estabelecidas nas normas NBR 5419 partes 1, 2, 3 e 4 de 2015, desenvolvidas e mantidas pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT).

#### **3.1 Características da edificação**

Seja um posto de combustível com uma loja de conveniência, que apresenta as seguintes características:

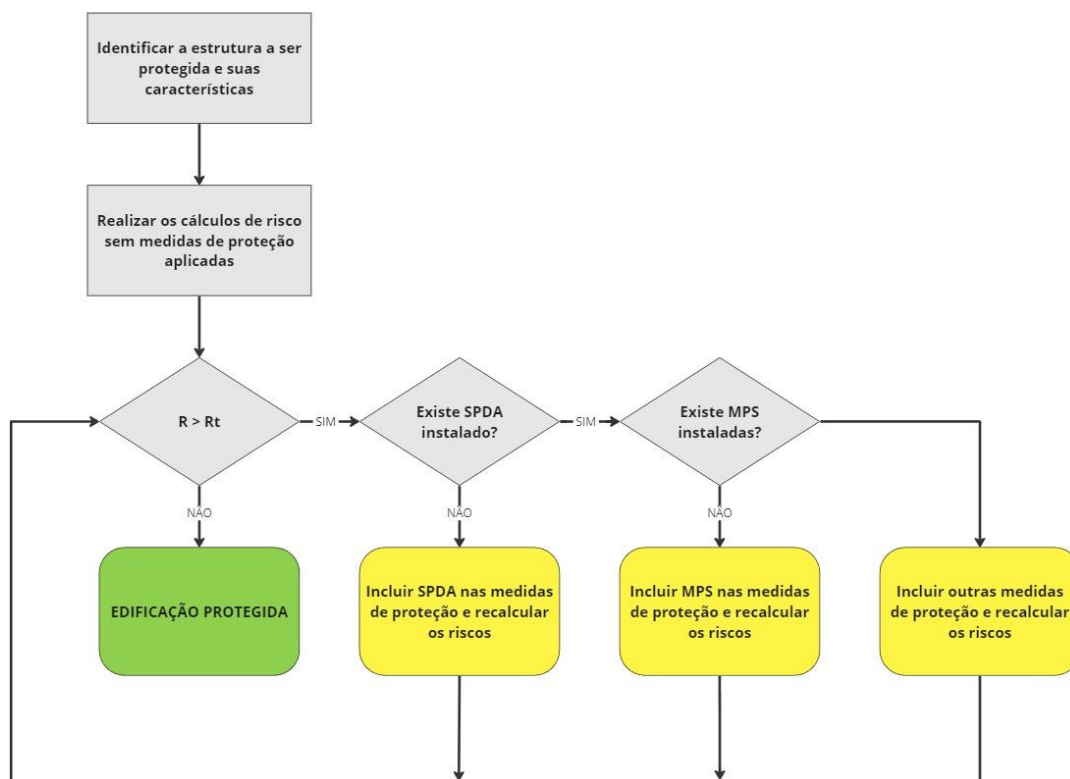
- Comprimento: 27,00 metros
- Largura: 33,00 metros
- Altura: 7,45 metros
- Construção: Metálica e concreto armado
- Cobertura: Telha metálica

Com base nestes dados, daremos início ao projeto do Sistema de Proteção contra Descargas Atmosféricas (SPDA) para esta edificação.

#### **3.2 Gerenciamento de risco**

De início, foi realizado a análise e o gerenciamento de risco da edificação em questão. Para validar a exigência de um projeto de SPDA e selecionar os Métodos de Proteção contra Surtos (MPS), os cálculos foram executados com base no fluxograma, presente na Figura 10, fornecido pela norma.

Figura 10 – Fluxograma do procedimento de análise de risco.



Fonte: adaptado de ABNT (2015b, p. 22).

Devido à complexidade dos cálculos e sua necessidade de revisão constante, optou-se pelo uso de um software que pudesse agilizar e simplificar essa etapa. Para esta finalidade, o programa Excel foi selecionado.

Utilizando o programa, calculamos os valores de risco para cada tipo de perda, denominados R1, R2, R3 e R4. Esses valores foram comparados com os riscos toleráveis especificados na NBR 5419, conforme apresentado na Tabela 3.

Tabela 3 - Riscos toleráveis de acordo com o tipo de perda.

Tipo de perda		Rt(y <sup>-1</sup> )
L1	Perda de vida humana ou ferimentos permanentes	10 <sup>-5</sup>
L2	Perda de serviço ao público	10 <sup>-3</sup>
L3	Perda de patrimônio cultural	10 <sup>-4</sup>
L4	Perda de valor econômico	10 <sup>-3</sup>

Fonte: adaptado de ABNT, 2015.

Inicialmente, os cálculos de risco para a edificação foram conduzidos sem considerar nenhuma forma de proteção, com o objetivo de determinar a viabilidade de um projeto de SPDA. Os resultados obtidos foram:



Tabela 4 - Comparação entre os riscos calculados sem SPDA e os riscos toleráveis.

L1=	1,00E-05	<	R1=	3,12E-04
L2=	1,00E-03	<	R2=	2,89E-02
L3=	1,00E-04	<	R3=	3,23E-04
L4=	1,00E-03	<	R4=	2,89E-02

Fonte: Autor, 2024.

Com base nesses resultados, constatamos que não estão em conformidade com os critérios estabelecidos pela norma, confirmando assim a necessidade de um projeto de SPDA para a edificação.

Segundo a NBR 5419, estruturas com líquidos inflamáveis devem ser protegidas com pelo menos nível II de proteção. Com isso, determinamos o nível e a classe de proteção para o posto de combustíveis como Nível II e Classe II, respectivamente. Em seguida, realizamos uma nova análise, recalculando todos os parâmetros para avaliar se esse sistema de proteção é suficiente para atender aos requisitos normativos. Os resultados obtidos foram:

Tabela 5 - Comparação entre os riscos calculados com SPDA e os riscos toleráveis.

L1=	1,00E-05	<	R1=	3,12E-04
L2=	1,00E-03	<	R2=	2,88E-02
L3=	1,00E-04	<	R3=	3,11E-04
L4=	1,00E-03	<	R4=	2,88E-02

Fonte: Autor, 2024.

Observamos que, apesar da previsão de um sistema de proteção contra descargas atmosféricas, os riscos calculados excedem os limites toleráveis estabelecidos pelas normas. Diante disso, tornou-se imprescindível a implementação de medidas de proteção contra surtos (MPS) e a subsequente reavaliação dos cálculos de análise de risco, a fim de determinar se a edificação estaria adequadamente protegida com essa nova medida de segurança.

Com a necessidade e uma medida de proteção, optou-se pela utilização de DPS (Dispositivo de Proteção contra Surtos). Um DPS é um dispositivo projetado para proteger equipamentos elétricos e eletrônicos contra os danos causados por surtos de tensão transitórios, tais como os originados por descargas atmosféricas ou manobras na rede elétrica. O DPS selecionado para este projeto foi um com nível de proteção II, como foi estabelecido pela norma. Com isso, os resultados obtidos foram:

Tabela 6 - Comparação entre os riscos calculados com SPDA e MPS e os riscos toleráveis.

L1=	1,00E-05	>	R1=	6,24E-06
L2=	1,00E-03	>	R2=	5,82E-04
L3=	1,00E-04	>	R3=	6,78E-06
L4=	1,00E-03	>	R4=	5,82E-04

Fonte: Autor, 2024.

Após a implementação do projeto de SPDA em conjunto com as Medidas de Proteção contra Surtos (MPS), constatou-se que os resultados dos cálculos de risco ficaram abaixo dos limites toleráveis. Diante desse cenário, deu-se início às definições e execução do projeto de SPDA, com a confiança de que as medidas adotadas são eficazes na mitigação dos riscos associados às descargas atmosféricas.

### 3.3 Definições gerais

Após a etapa de gerenciamento de risco e a determinação do nível de proteção a ser adotado para o projeto, procederemos à definição da quantidade média de descidas e ao dimensionamento da malha da Gaiola de Faraday. O espaçamento das prumadas será determinado com base nos valores indicados na Tabela 6, de acordo com o nível de proteção estabelecido.

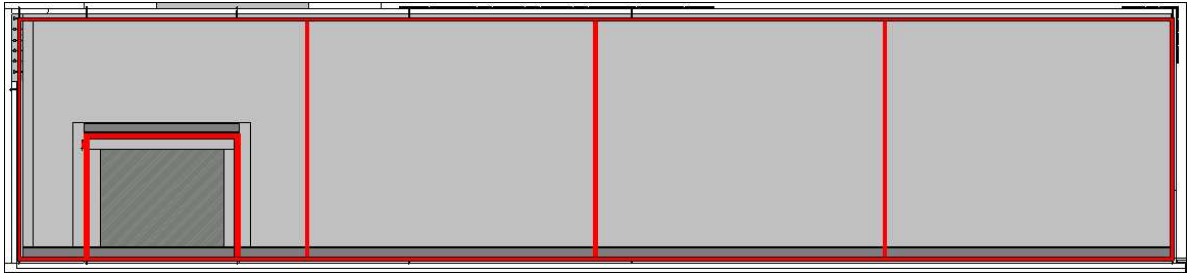
Tabela 7 – Espaçamento médio de cada descida de acordo com o nível de proteção.

Nível de proteção	Espaçamento médio (m)
I	10
II	15
III	20
IV	25

Fonte: ABNT, 2015.

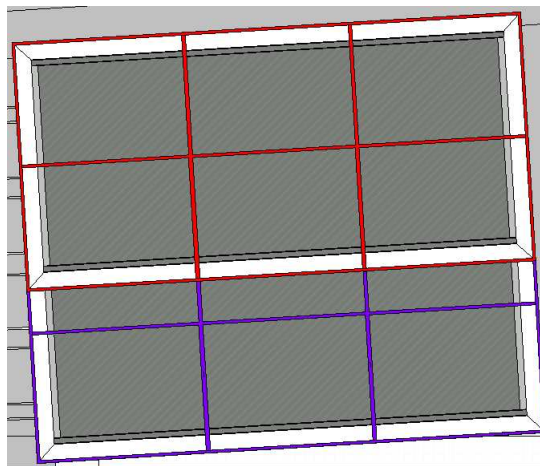
Com o nível de proteção II, observamos que o espaçamento médio das descidas é de 15 metros, portanto o distanciamento médio da malha da Gaiola será definido como, no máximo, 15m x 15m. Esse dimensionamento foi adotado tanto para estrutura de cobertura das bombas de gasolina, quanto para a conveniência, como mostrado nas Figuras 11 e 12.

Figura 11 – Malha formada pelos condutores de cobertura e descidas na conveniência.



Fonte: Autor, 2024.

Figura 12 – Malha formada pelos condutores de cobertura e descidas na cobertura das bombas.



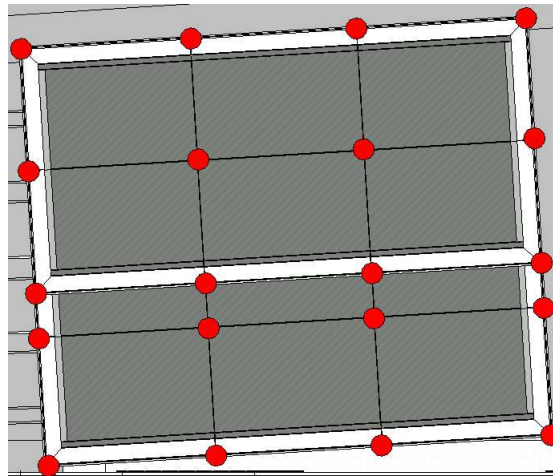
Fonte: Autor, 2024.

### 3.4 Sistema de captação

O método da Gaiola de Faraday foi o principal escolhido para o sistema de captação. Na implementação deste sistema, foram empregadas barras chatas de alumínio com seção transversal de 70 mm<sup>2</sup> e espessura de 3 mm, atendendo às dimensões mínimas especificadas na norma.

Para otimizar a captação na cobertura das bombas de combustíveis, foram utilizados minicaptadores estrategicamente posicionados para aumentar a segurança dessa área crítica. Esses minicaptadores consistem em pequenas barras chatas de alumínio instaladas verticalmente nas extremidades e nos pontos de conexão da Gaiola de Faraday. A Figura 13 detalha a localização onde esses minicaptadores foram alocados.

Figura 13 – Localização de minicaptadores na cobertura das bombas de gasolina.

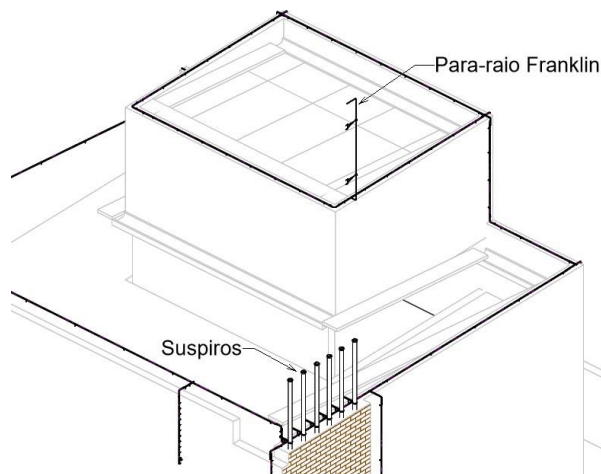


Fonte: Autor, 2024.

Uma área adicional de risco que exigiu maior atenção está localizada na parede lateral da conveniência, onde os tubos de respiro dos tanques de gasolina estão alocados. Devido a essa situação, foi necessário implementar um novo sistema de proteção próximo a essa área.

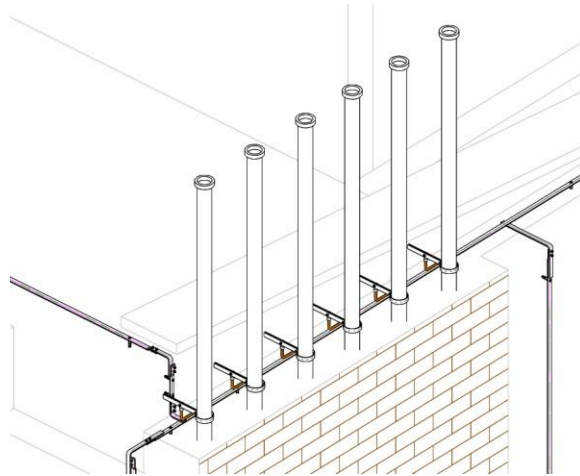
Para garantir uma proteção aprimorada nessa área, foi utilizado o método de Franklin. Foi instalado um captor Franklin próximo à saída dos respiros para assegurar uma maior segurança nesta zona, apresentado na Figura 14. Para garantir a equipotencialização da tubulação exposta, utilizou-se um terminal estanhado e juntamente com uma fiação de cobre para conectar esses tubos às barras chatas de alumínio da Gaiola de Faraday, como mostrado na Figura 15.

Figura 14 – Locação do captor franklin.



Fonte: Autor, 2024.

Figura 15 – Equipotencialização da tubulação de respiro dos tanques de combustível.



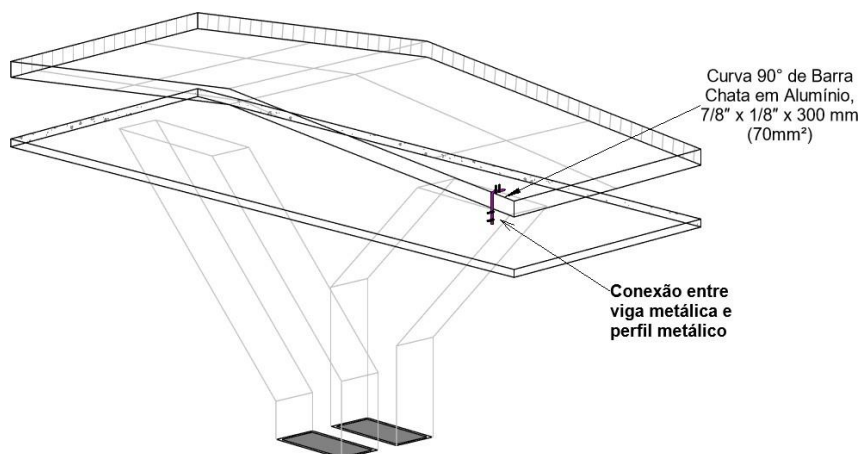
Fonte: Autor, 2024.

### 3.5 Sistema de descidas

As formas de descidas escolhidas para o posto de gasolina também se diferenciam para cada construção, cobertura de bombas e conveniência.

Para a cobertura das bombas de gasolina, foram utilizadas barras chatas para garantir a conexão da estrutura da viga metálica com o sistema de captação. A própria estrutura metálica foi empregada como condutor de descida natural.

Figura 16 – Detalhe de conexão do pilar com o sistema de captação.



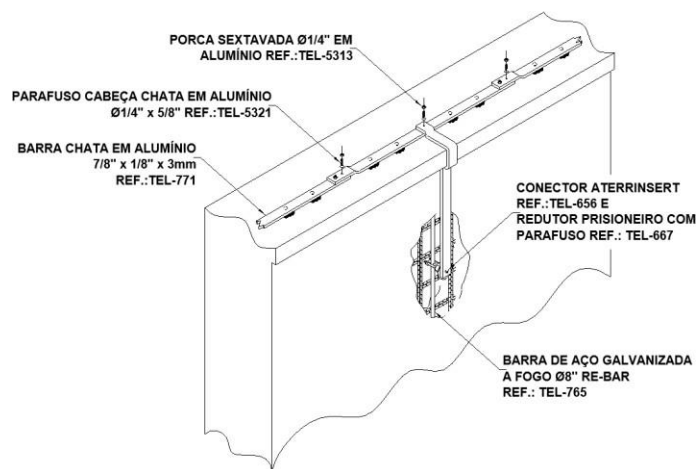
Fonte: Autor, 2024.

Para a edificação da conveniência, foi empregado um sistema de descidas utilizando re-bars. As re-bars, ou vergalhões de aço, são barras de aço estrutural usadas para reforçar o

concreto. Neste contexto, as re-bars são integradas ao sistema de proteção contra descargas atmosféricas, servindo como condutores de descida que conectam a captação das descargas atmosféricas à malha de aterramento. Essa técnica aproveita a estrutura existente, proporcionando uma solução eficiente e segura para a condução das correntes elétricas geradas pelas descargas atmosféricas até o solo.

Para auxiliar na descida, foram utilizados conectores Aterrinsert, conforme ilustrado na Figura 17. Esse conector é responsável pela interligação da Gaiola de Faraday com as barras de aço embutidas na estrutura. Além disso, o conector Aterrinsert serve como ponto de teste para a continuidade da corrente, garantindo a interligação completa e eficiente de toda a estrutura.

Figura 17 Detalhe de conexão entre captação e re-bar.

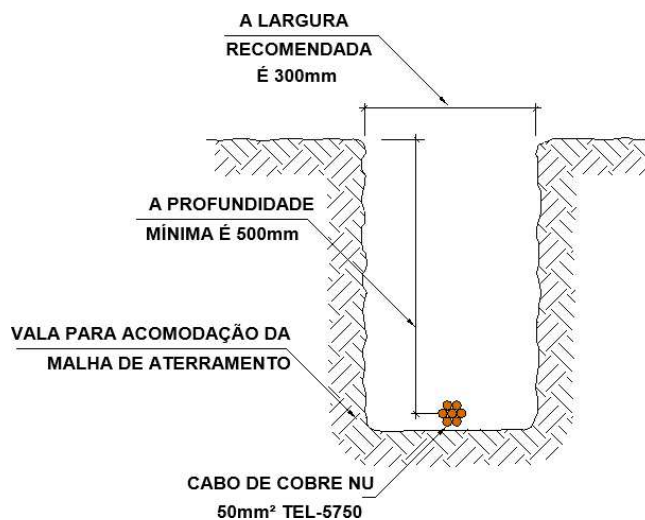


Fonte: Autor, 2024.

### 3.6 Sistema de aterramento

Por proporcionar uma excelente distribuição da corrente de descarga no solo, reduzindo o risco de danos à estrutura e aos sistemas internos, o tipo de aterramento principal utilizado no projeto foi o aterramento em anel. Este método consiste na instalação de um condutor em anel ao redor da estrutura, enterrado no solo a uma profundidade mínima de 0,5 metros. O condutor em anel deve ser composto de material altamente condutivo, como cobre ou aço revestido de cobre, e deve ter um contato contínuo com o solo ao longo de pelo menos 80% de seu comprimento.

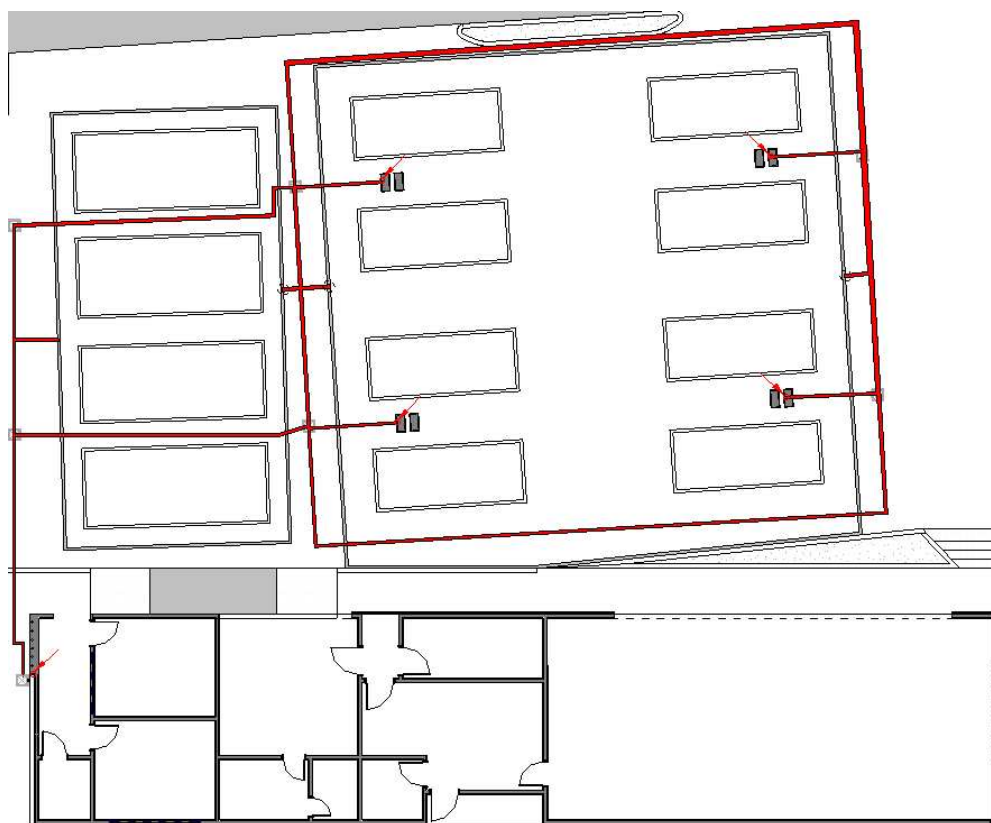
Figura 18 – Detalhe da vala de malha de aterramento.



Fonte: Autor, 2024.

O anel foi devidamente interligado aos sistemas de descida e aos pontos de equipotencialização, garantindo uma distribuição uniforme da corrente de descarga e minimizando os riscos de centelhamentos perigosos.

Figura 19 – Ilustração do traçado do anel de aterramento.



Fonte: Autor, 2024.

Para assegurar a equipotencialização completa da edificação, foi necessário dedicar atenção especial às áreas de maior risco, como os tanques enterrados e as canaletas que percorrem todo o posto de gasolina. As canaletas, em particular, podem acumular combustíveis derramados das bombas. Na eventualidade de uma incidência de raio, se essas canaletas não estiverem devidamente aterradas, existe o risco significativo de iniciar um incêndio. Portanto, foi essencial conectar todas as canaletas ao sistema de aterramento, garantindo uma segurança aprimorada e mitigando os riscos de ignição causados por descargas atmosféricas.

Por fim, foram previstos pontos para caixas de inspeção, que servirão para manutenção, testes de continuidade de todo o aterramento, monitoramento da resistência de aterramento e facilitação das conexões.



## **ANEXOS**

Foram utilizadas diversas pranchas sobre o projeto do sistema de proteção contra descargas atmosféricas e o dimensionamento do gerenciamento de risco exigido pelo Corpo de Bombeiros da Paraíba.

# MEMORIAL DESCRITIVO E DE CÁLCULO: GERENCIAMENTO DE RISCO



O presente documento tem por finalidade descrever e detalhar o Gerenciamento de Risco de um Sistema de Proteção Contra Descargas Atmosféricas (SPDA), elaborado de acordo com a norma NBR 5419/2015.

## Dados Gerais

<b>Projeto:</b>	Posto de combustíveis
<b>Proprietário:</b>	João e Lucia
<b>CPF/CNPJ:</b>	-
<b>Endereço:</b>	Cajazeiras

## Dados do responsável técnico

<b>Nome:</b>	Francisco Vieira do Nascimento Neto
<b>Registro:</b>	301012312-3
<b>Telefone:</b>	(83) 9.9999-9999
<b>E-mail:</b>	franciscovnneto@gmail.com

## Características da Edificação

<b>Comprimento:</b>	27,00
<b>Largura:</b>	33
<b>Altura:</b>	7,45
<b>Nível de Proteção:</b>	Nível II
<b>Classe do SPDA:</b>	Classe II

## 1 ANÁLISE DOS COMPONENTES DE RISCO DEVIDO ÀS DESCARGAS NA ESTRUTURA – RISCO DE FERIMENTO A SERES VIVOS POR TENSÃO DE PASSO E TOQUE (RA)

Item	Descrição	Comentário	Símb.	Valor
1.1	Área de exposição		Ad	5142,29
1.2	Estrutura cercada por objetos de mesma altura ou mais baixos		Cd	0,5
1.3	Nenhuma medida de proteção		Pta	0,1
1.4	Estrutura não protegida por SPDA		Pb	0,05
1.5	Ferimentos a seres vivos		Pa	0,005
1.6	D1		Lt	0,01
1.7	Tipo de superfície: Marmore, cerâmica		Rt	0,01
1.8	Número de pessoas na zona		nz	10
	Número total de pessoas na estrutura		nt	20
	Tempo(h/ano)		tz	8760
1.9	Perda relacionada aos ferimentos a seres vivos por choque elétrico		La	5,00E-05
1.10	Densidade de descargas atmosféricas por km2 por ano	Cajazeiras - PB	Ng	1,73
1.11	Número de eventos perigosos para a estrutura		Nd	0,004448
1.12	Componente relacionada a ferimentos a seres vivos por choque elétrico		RA	1,11E-09

<b>2 ANÁLISE DOS COMPONENTES DE RISCO DEVIDO ÀS DESCARGAS NA ESTRUTURA – COMPONENTE RELACIONADO A DANOS FÍSICOS (RB)</b>				
Item	Descrição	Comentário	Símb.	Valor
2.1	número relativo médio típico de vítimas feridas por danos físicos	Risco de explosão	Lf	0,1
2.2	Fator de redução da perda devido a danos físicos dependendo do risco de incêndio ou do risco de explosão da estrutura		Rf	0
2.3	Fator (rp) de redução da perda devido a danos físicos dependendo das providências tomadas para reduzir as consequências do incêndio		Rp	0,5
2.4	Fator de aumento da perda (hz) devido a danos físicos quando um perigo especial estiver presente (Nível médio de pânico)		hz	1
2.5	Perda em uma estrutura relacionada a danos físicos		Lb	0,0025
2.6	Componente relacionada a danos físicos		RB	5,56E-07

<b>3 ANÁLISE DOS COMPONENTES DE RISCO DEVIDO ÀS DESCARGAS NA ESTRUTURA – COMPONENTE RELACIONADO À FALHA DE SISTEMAS INTERNOS (RC)</b>				
Item	Descrição	Comentário	Símb.	Valor
3.1	NP III		PSPD	0,02
3.2	Linha aérea não blindada (Energia) (Conexão indefinida)		CLD	1
	Linha aérea não blindada (Energia) (Conexão indefinida)		CLI	1
	Linha aérea não blindada (Telecomunicações) (Conexão indefinida)		CLD	1
	Linha aérea não blindada (Telecomunicações) (Conexão indefinida)		CLI	1
3.3	Probabilidade de falhas em sistemas		Pc	0,0396
3.4	Não há risco de explosões		Lo	0,1
3.5	Perda relacionada à falha dos sistemas internos		Lc	0,05
3.6	Componente de risco relacionado à falha de sistemas internos devido a descargas na estrutura		RC	8,81E-06

<b>4 ANÁLISE DOS COMPONENTES DE RISCO DEVIDO ÀS DESCARGAS PRÓXIMAS DA ESTRUTURA – COMPONENTE RELACIONADO À FALHA DE SISTEMAS INTERNOS (RM)</b>				
Item	Descrição	Comentário	Símb.	Valor
4.1	KS1 (L.ENERGIA)		KS1	1
	KS1 (L.TELECOMUNICAÇÕES)		KS1	1
	KS2 (L.ENERGIA)		KS2	1
	KS2 (L.TELECOMUNICAÇÕES)		KS2	1
	KS3 (L.ENERGIA)		KS3	0
	KS3 (L.TELECOMUNICAÇÕES)		KS3	0,01
	KS4 (L.ENERGIA)		KS4	0,4
	KS4 (L.TELECOMUNICAÇÕES)		KS4	1
	PMS (L.ENERGIA)		PMS	0
	PMS (L.TELECOMUNICAÇÕES)		PMS	0,0001
4.2	Probabilidade de falhas em sistemas		PM	2,00E-06
4.3	Área de exposição equivalente (m²)		Am	845475
4.4	Número médio anual de eventos perigosos devido a descargas perto da estrutura		Nm	1,462672
4.5	Componente de risco relacionado à falha dos sistemas internos devido a descargas próximas a estrutura		RM	1,46E-07

<b>ANÁLISE DOS COMPONENTES DE RISCO DEVIDO ÀS DESCARGAS NA LINHA – COMPONENTE RELACIONADO A FERIMENTOS A SERES VIVOS POR CHOQUE ELÉTRICO (RU)</b>				
Item	Descrição	Comentário	Símb.	Valor
5.1	LM=LC		LM	1
5.2	Fator de instalação da linha de energia		CI	1
	Fator de instalação da linha de telecomunicações		CI	1
5.3	Fator tipo de linha de energia		CT	1
	Fator tipo de linha de telecomunicações		CT	1
5.4	Fator ambiental		Ce	0,1
5.5	Comprimento da linha em metros (comprimento desconhecido adotar 1000)		LL	1000
	Área de exposição equivalente de descargas		AL	40000
5.6	Número médio anual de eventos perigosos devido a descargas na linha		NL	0,00692
5.7	Calcule a área de exposição equivalente da estrutura adjacente		Adj	0
5.8	Fator de localização		CDJ	0,5
5.9	Número de eventos perigosos para a estrutura adjacente		NDJ	0
5.10	Probabilidade (PTU) de uma descarga em uma linha que adentre a estrutura causar choque a seres vivos devido a tensões de toque perigosas		Ptu	0,1
5.11	Probabilidade em função do nível de proteção contra descargas atmosféricas (NP) para o qual os DPS foram projetados		Peb	0,02
5.12	Probabilidade (PLD) dependendo da resistência (RS) da blindagem do cabo e da tensão suportável de impulso (UW) do equipamento		PLD	0,9
	Resistência da blindagem		RS	0,04
5.13	Probabilidade de ferimentos de seres vivos por choque elétrico devido a descargas perto da linha conectada		Pu	0,0018
5.14	Perda relacionada a ferimentos de seres vivos por choque elétrico (LU= LC)		LU	2,50E-04
5.15	Componentes de risco relacionado a ferimentos a seres vivos devido (Linha de energia)		Ru/P	3,11E-09
	Componentes de risco relacionado a ferimentos a seres vivos devido (Linha de telecomunicações)		Ru/T	3,11E-09
5.16	Componente de risco relacionado a ferimentos a seres vivos devido a descargas na linha		<b>RU</b>	<b>6,23E-09</b>

<b>ANÁLISE DOS COMPONENTES DE RISCO DEVIDO ÀS DESCARGAS NA LINHA – COMPONENTE RELACIONADO A DANOS FÍSICOS (RV)</b>				
Item	Descrição	Comentário	Símb.	Valor
6.1	Probabilidade de danos físicos à estrutura causados por descargas na linha de energia		Pv	0,018
	Probabilidade de danos físicos à estrutura causados por descargas na linha de telecomunicações		Pv	0,018
6.2	Perda em uma estrutura devido a danos físicos causados por uma descarga na linha conectada (ENERGIA) LV= LB		LV	0,025
	Perda em uma estrutura devido a danos físicos causados por uma descarga na linha conectada (TELECOMUNICAÇÕES) LV= LB		LV	0,025
	D2		Lf	1
6.3	Componentes de risco relacionado a danos físicos devido a descargas na linha de energia		Rv/p	3,11E-06
	Componentes de risco relacionado a danos físicos devido a descargas na linha de telecomunicações		Rv/t	3,11E-06
6.4	Componente de risco relacionado a danos físicos devido a descargas na linha		<b>RV</b>	<b>6,23E-06</b>

<b>7 ANÁLISE DOS COMPONENTES DE RISCO DEVIDO ÀS DESCARGAS NA LINHA – COMPONENTE RELACIONADO A FALHA EM SISTEMAS INTERNOS (RW)</b>				
<b>Item</b>	<b>Descrição</b>	<b>Comentário</b>	<b>Símb.</b>	<b>Valor</b>
7.1	Probabilidade de falha de sistemas internos causados por descargas na linha de energia		Pw	0,018
	Probabilidade de falha de sistemas internos causados por descargas na linha de telecomunicações		Pw	0,018
7.2	Perda devido à falha de sistemas internos causada por descargas na linha de energia (Lw = LC)		Lw	5,00E-02
	Perda devido à falha de sistemas internos causada por descargas na linha de telecomunicações (Lw = LC)		Lw	5,00E-02
7.3	Componentes de risco relacionado a falha dos sistemas internos		Rw/p	6,23E-06
	Componentes de risco relacionado a falha dos sistemas internos		Rw/t	6,23E-06
7.4	Componente de risco relacionado a falha dos sistemas internos devido a descargas na linha		<b>RW</b>	<b>1,25E-05</b>

<b>8 ANÁLISE DOS COMPONENTES DE RISCO DEVIDO ÀS DESCARGAS PERTO DA LINHA – COMPONENTE RELACIONADO A FALHA EM SISTEMAS INTERNOS (RZ)</b>				
<b>Item</b>	<b>Descrição</b>	<b>Comentário</b>	<b>Símb.</b>	<b>Valor</b>
8.1	Probabilidade de falha de sistemas internos devido a uma descarga perto da linha conectada (ENERGIA)		PLI (e)	0,3
	Probabilidade de falha de sistemas internos devido a uma descarga perto da linha conectada (TELECOMUNICAÇÕES)		PLI (t)	0,5
8.2	Probabilidade de falha de sistemas internos causados por descargas próximas a linha (ENERGIA)		PZ (e)	0,006
	Probabilidade de falha de sistemas internos causados por descargas próximas a linha (TELECOMUNICAÇÕES)		PZ (t)	0,01
8.3	Perda devido à falha de sistemas internos causada por descargas perto da linha (ENERGIA) (LZ=LC)		LZ	0,05
8.4	Área de exposição equivalente de descargas para a terra perto da linha		Ai	4000000
8.5	Número de sobretensões de amplitude não inferior a 1 kV(1/ano) na seção da linha		Ni	0,692
8.6	Componentes de risco relacionado a falha dos sistemas internos ( ENERGIA)		Rz/p	0,000208
	Componentes de risco relacionado a falha dos sistemas internos (TELECOMUNICAÇÕES)		Rz/t	0,000346
8.7	Componente de risco relacionado a falha dos sistemas internos		<b>RZ</b>	<b>0,000554</b>

### CÁLCULO DOS COMPONENTES DE RISCO

Risco (R1) de perda de vida humana	$R1 = RA + RB + RC + RM + RU + RV + RW + RZ$	
	R1=	6,23534E-06

Risco (R2) de perdas de serviço público	$R2 = RB + RC + RM + RV + RW + RZ$	
	R2=	5,82E-04

Risco (R3) de perdas de serviço de patrimônio cultural	$R3 = RB + RV$	
	R3=	6,78E-06

Risco (R4) de perdas de valor econômico	$R4 = RA + RB + RC + RM + RU + RV + RW + RZ$	
	R4=	5,82E-04

#### Analogia entre as constantes de cálculos e de referência

L1 =	1,00E-05	>	6,23534E-06	R1
L2 =	1,00E-03	>	5,82E-04	R2
L3 =	1,00E-04	>	6,78E-06	R3
L4 =	1,00E-03	>	5,82E-04	R4

#### Nota explicativa:

Os cálculos presentes nesse relatório foram feitos prevendo projeto de SPDA juntamente com Medidas de Proteção Contra Surtos.

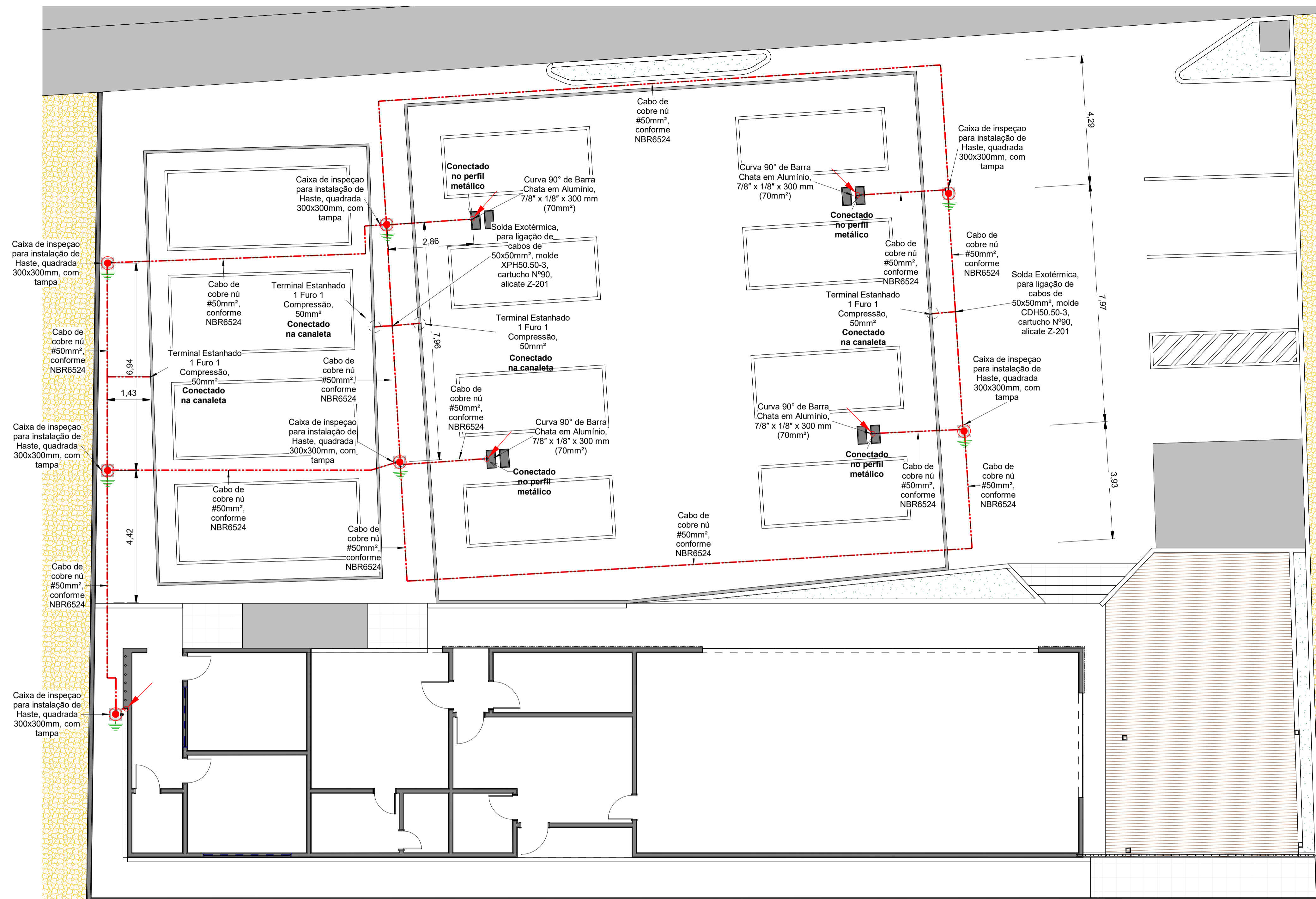
Conclui-se que a referida edificação

**necessita**

da instalação do sistema de proteção contra descargas atmosféricas conforme cálculos definidos nesse memorial e as características da edificação em questão.

---

Assinatura do responsável  
Francisco Vieira do Nascimento Neto  
CREA/PB: 301012312-3



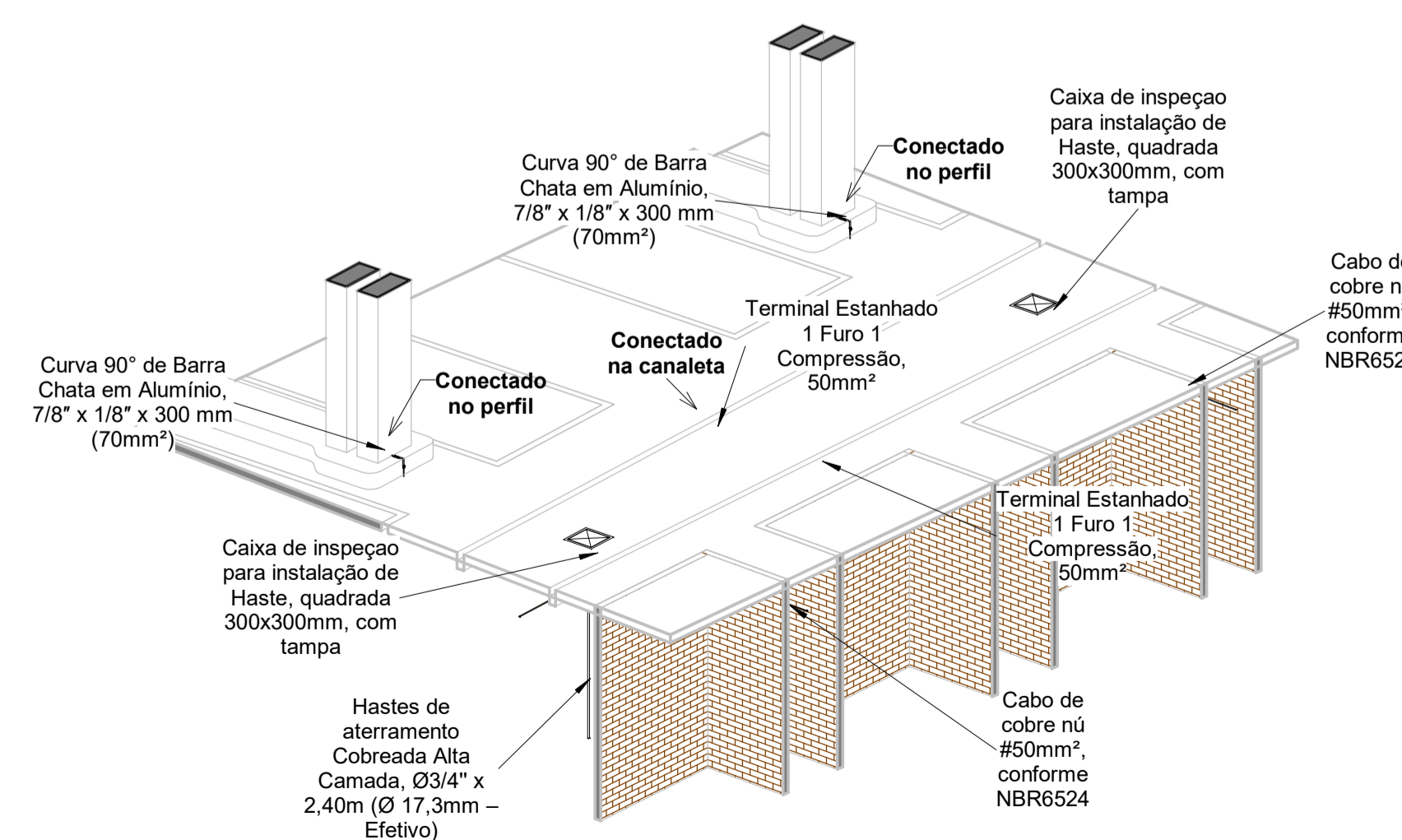
**PLANTA BAIXA - TÉRREO**

1 : 80

LEGENDA SPDA	
	-Cabo de cobre Nú 50mm² embutido no piso
	-Cabo de cobre Nú 35mm² aparente
	-Barra Chata de Alumínio (70mm²)
	-Indicação de Subida
	-Indicação de Descida
	-Indicação Passa
	-Para Raio Tipo Franklin
	-Mini Captor
	-Caixa de inspeção com haste
	-Haste de Aterramento
	-Caixa de equalização
	-Símbolo de Detalhe

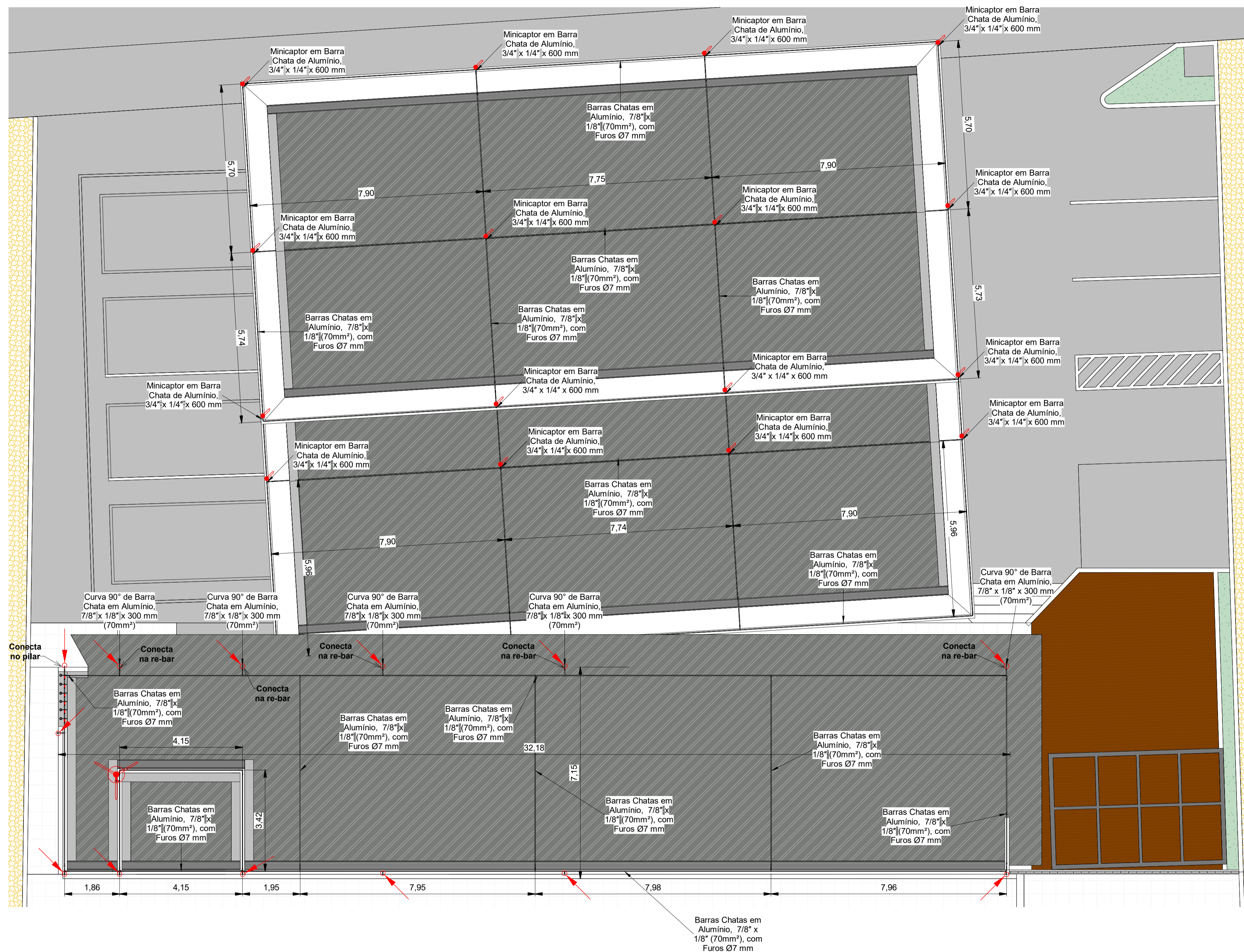
**Notas Gerais:**

- 1 - Dimensões em milímetros, exceto onde indicado.
- 2 - Os cabos não poderão ser dobrados formando arestas ou cantos, deverão ser feitas curvas de raio longo.
- 3 - Todas as estruturas metálicas deverão ser aterradas.
- 4 - Os cabos da malha de aterramento externa deverão ser enterrados a uma profundidade de no mínimo 500mm
- 5 - Projeto conforme Norma NBR-5419/2015
- 6 - Todas as estruturas metálicas no topo da edificação deverão ser interligadas ao sistema de SPDA.
- 7 - 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.
- 8 - 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.
- 9 - As estruturas metálicas que estiver a menos de 0,5m de distância das descidas deverão ser interligadas às descidas, equalizando os potenciais e evitando centelhas perigosas.



**DETALHE - CONEXÕES**

EMPREENDIMENTO:		PROJETO: Comercial - Posto de Combustível	
PROPRIETÁRIO: João e Lucia		ENDEREÇO: Cajazeiras-PB	
PAGINAÇÃO DE PRONCHAS:		DATA:	04/24
01 05 SPDA - PLANTA TERREO		ESCALA:	Como indicado
02 05 SPDA - PLANTA COBERTA			
03 05 SPDA - RE-BARS			
04 05 SPDA - ISOMETRICO			
05 05 SPDA - DETALHAMENTO			
DISCIPLINA:		<b>SPDA</b>	
<b>PREVENÇÃO CONTRA INCÊNDIO</b>		<b>01/05</b>	
CONTEUDO:		<b>SPDA - PLANTA TÉRREO</b>	
ASSINATURAS:			
João e Lucia CPF/CNPJ: - Proprietário		Francisco Vieira do Nascimento Neto CREA/PB: 301012312-3 Autor do Projeto - Eng. Civil	
RESPONSABILIDADE TÉCNICA:			
Francisco Vieira do Nascimento Neto CREA: 301012312-3 franciscovneto@gmail.com (83) 9.9616-3483			



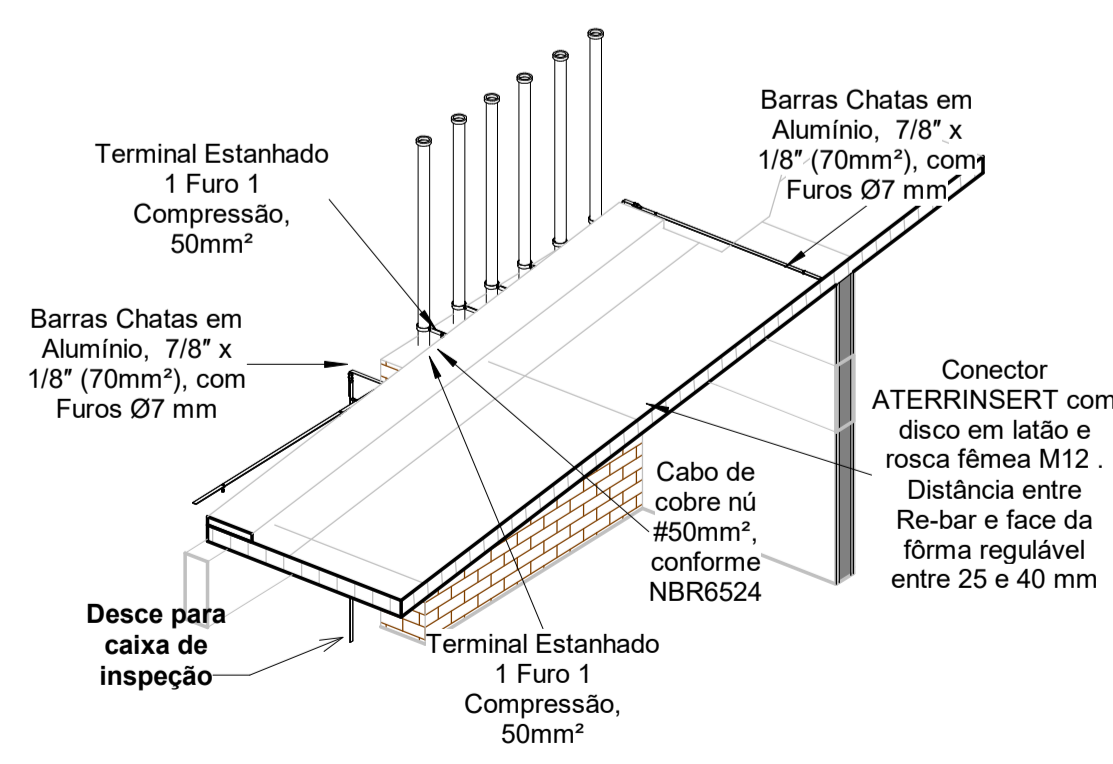
LEGENDA SPDA	
	-Cabo de cobre Nú 50mm² embutido no piso
	-Cabo de cobre Nú 35mm² aparente
	-Barra Chata de Alumínio (70mm²)
	-Indicação de Subida
	-Indicação de Descida
	-Indicação Passa
	-Para Raio Tipo Franklin
	-Mini Captor
	-Caixa de inspeção com haste
	-Haste de Aterramento
	-Caixa de equalização
	-Símbolo de Detalhe

**Notas Gerais:**

- 1 - Dimensões em milímetros, exceto onde indicado.
- 2 - Os cabos não poderão ser dobrados formando arestas ou cantos, deverão ser feitas curvas de raio longo.
- 3 - Todas as estruturas metálicas deverão ser aterradas.
- 4 - Os cabos da malha de aterramento externa deverão ser enterrados a uma profundidade de no mínimo 500mm
- 5 - Projeto conforme Norma NBR-5419/2015
- 6 - Todas as estruturas metálicas no topo da edificação deverão ser interligadas ao sistema de SPDA.
- 7 - 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.
- 8 - 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 as descargas atmosféricas.
- 9 - As estruturas metálicas que estiver a menos de 0,5m de distância das descidas deverão ser interligadas as descidas, equalizando os potenciais e evitando centelhamento perigoso.

**PLANTA BAIXA - COBERTA**

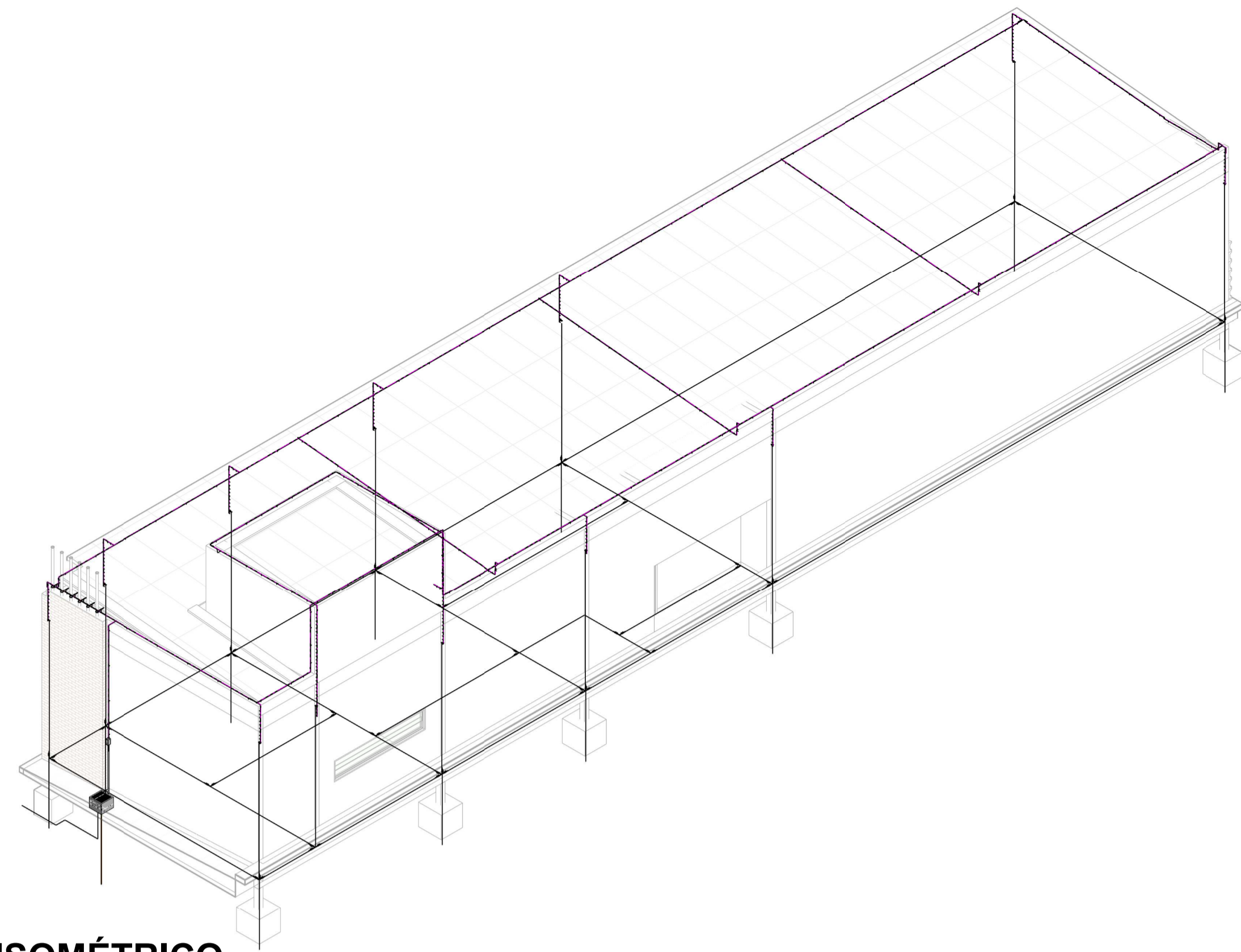
1 : 80



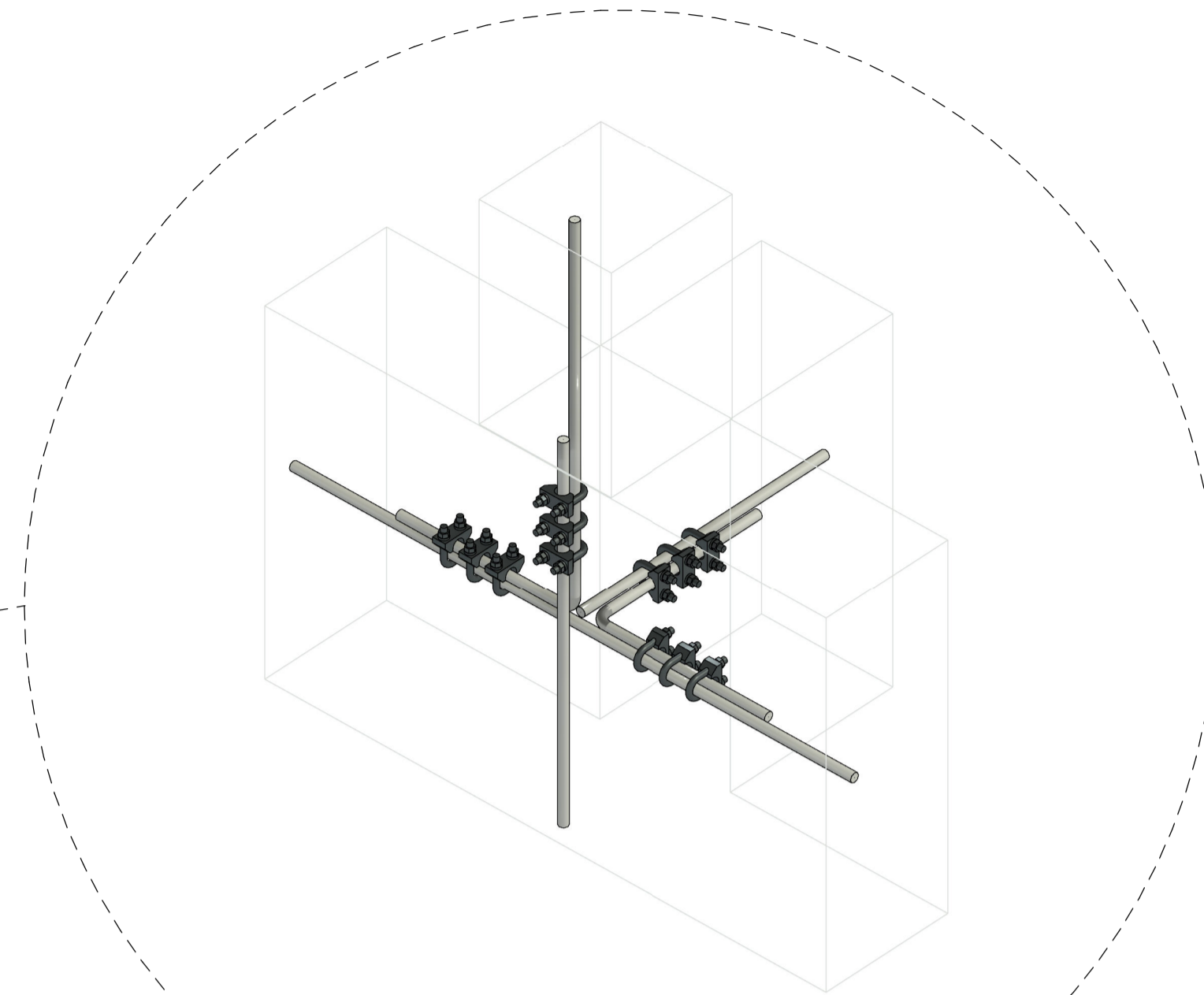
**DETALHE - RESPIROS**

EMPRESAMENTO:		PROJETO: Comercial - Posto de Combustível	
PROPRIETÁRIO: João e Lucia		ENDEREÇO: Cajazeiras-PB	
PAGINAÇÃO DE FRANCHAS:		DATA:	04/24
01 - SPDA - PLANTA TERREDO		ESCALA:	Como indicado
02 - SPDA - PLANTA COBERTA			
03 - SPDA - RE-BARS			
04 - SPDA - ISOMÉTRICO			
05 - SPDA - DETALHAMENTO			
DISCIPLINA:		<b>SPDA</b>	
<b>PREVENÇÃO CONTRA INCÊNDIO</b>		<b>02/05</b>	
CONTEÚDO:		<b>SPDA - PLANTA COBERTA</b>	
ASSINATURAS:			
João e Lucia CPF/CNPJ: - Proprietário		Francisco Vieira do Nascimento Neto CREA/PB: 301012312-3 Autor do Projeto - Eng. Civil	
RESPONSABILIDADE TÉCNICA:			
Francisco Vieira do Nascimento Neto CREA: 301012312-3 franciscovneto@gmail.com (83) 9.9616-3483			



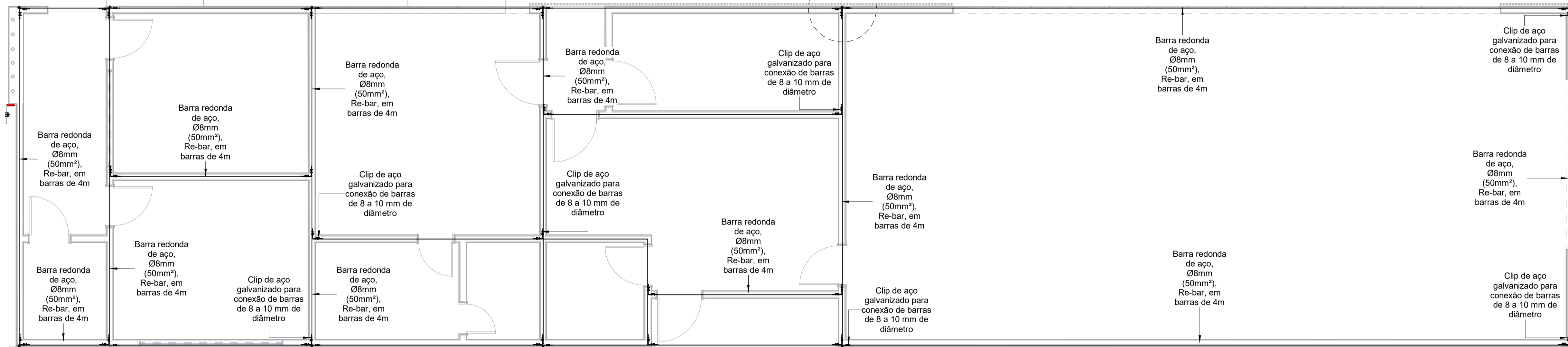


**ISOMÉTRICO**



**Detalhe Conexão de Re-bars**

LEGENDA SPDA	
	-Cabo de cobre Nú 50mm <sup>2</sup> embutido no piso
	-Cabo de cobre Nú 35mm <sup>2</sup> aparente
	-Barra Chata de Alumínio (70mm <sup>2</sup> )
	-Indicação de Subida
	-Indicação de Descida
	-Indicação Passa
	-Para Raio Tipo Franklin
	-Mini Captor
	-Caixa de inspeção com haste
	-Haste de Aterramento
	-Caixa de equalização
	-Símbolo de Detalhe

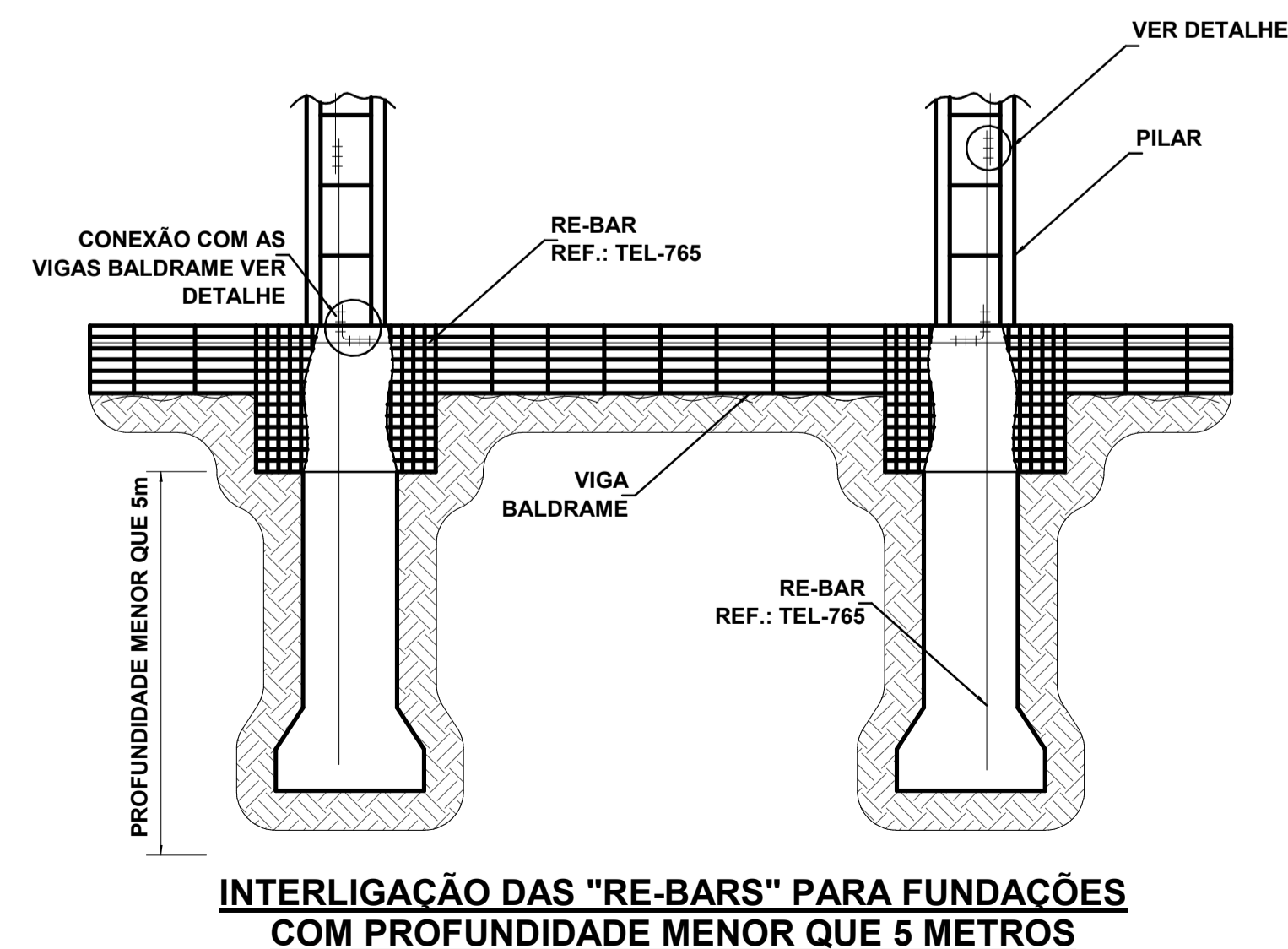
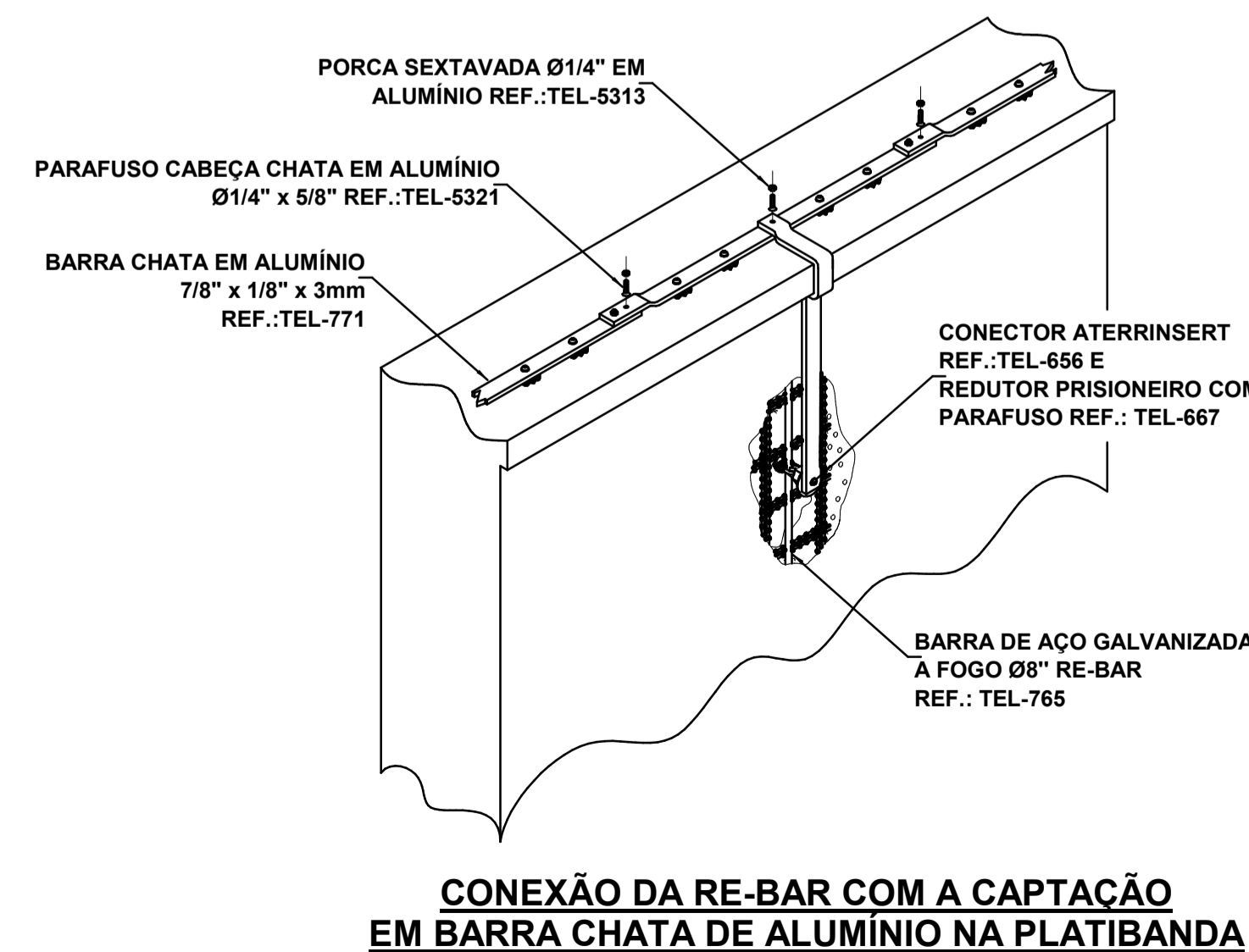
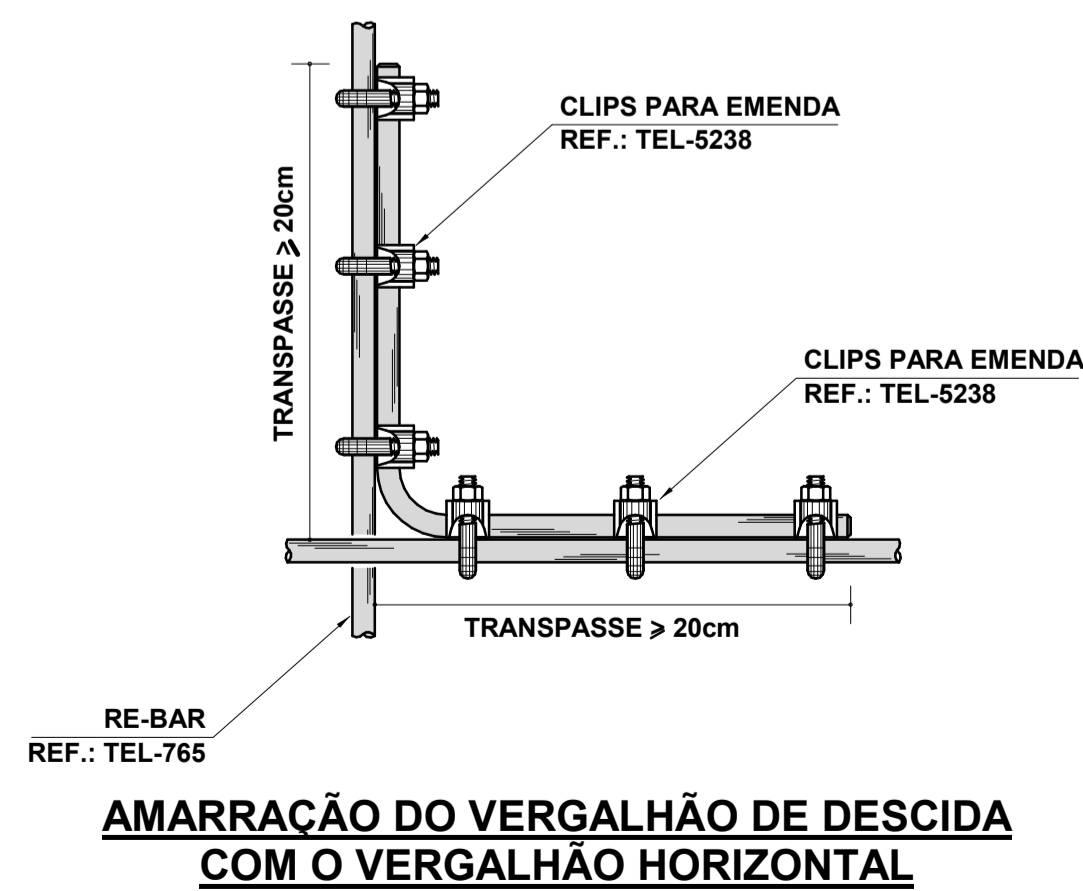


**Notas Gerais:**

- 1 - Dimensões em milímetros, exceto onde indicado.
- 2 - Os cabos não poderão ser dobrados formando arestas ou cantos, deverão ser feitas curvas de raio longo.
- 3 - Todas as estruturas metálicas deverão ser aterradas.
- 4 - Os cabos da malha de aterramento externa deverão ser enterrados a uma profundidade de no mínimo 500mm
- 5 - Projeto conforme Norma NBR-5419/2015
- 6 - Todas as estruturas metálicas no topo da edificação deverão ser interligadas ao sistema de SPDA.
- 7 - 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.
- 8 - 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.
- 9 - 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.

**TÉRREO - RE-BARS**

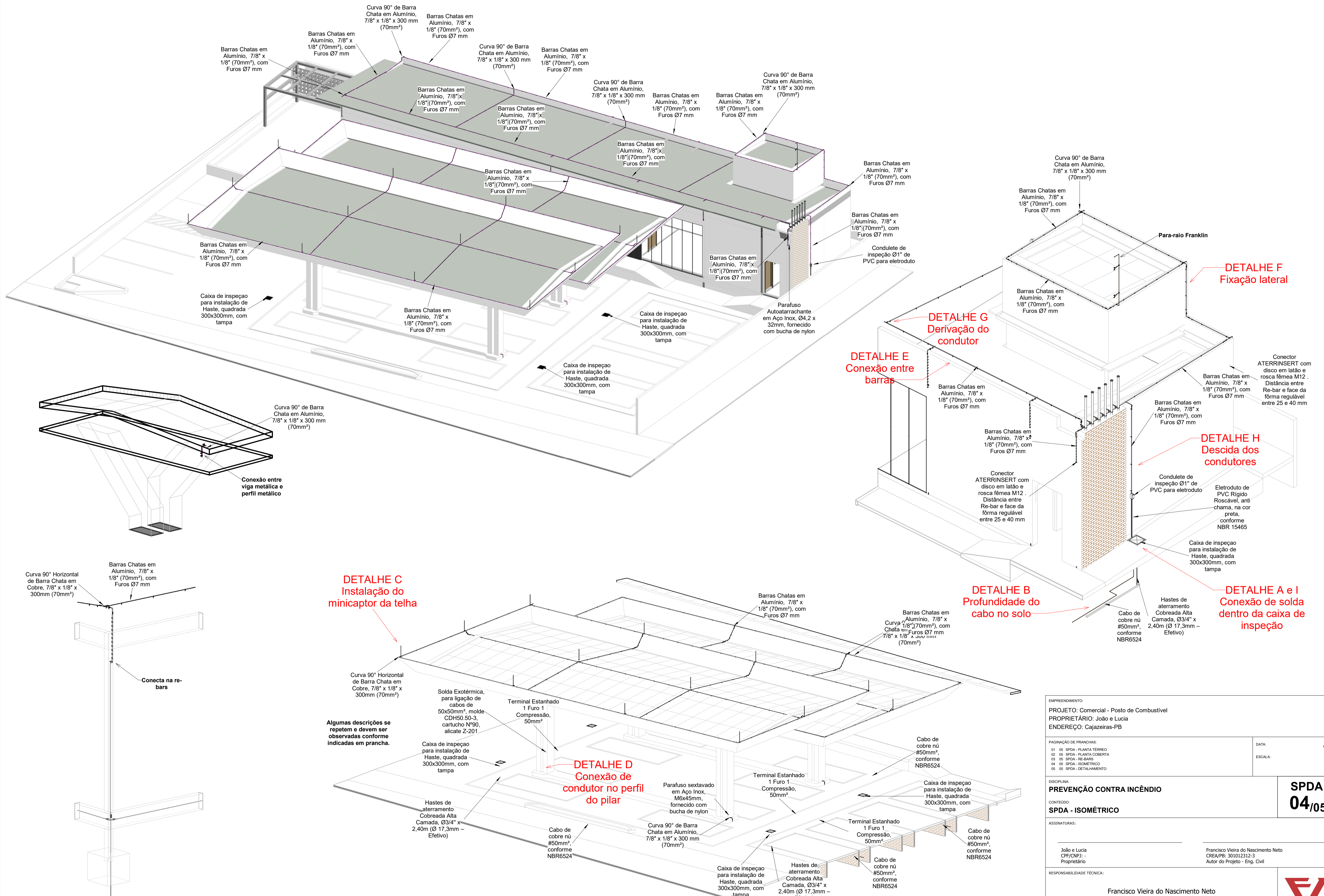
1 : 50



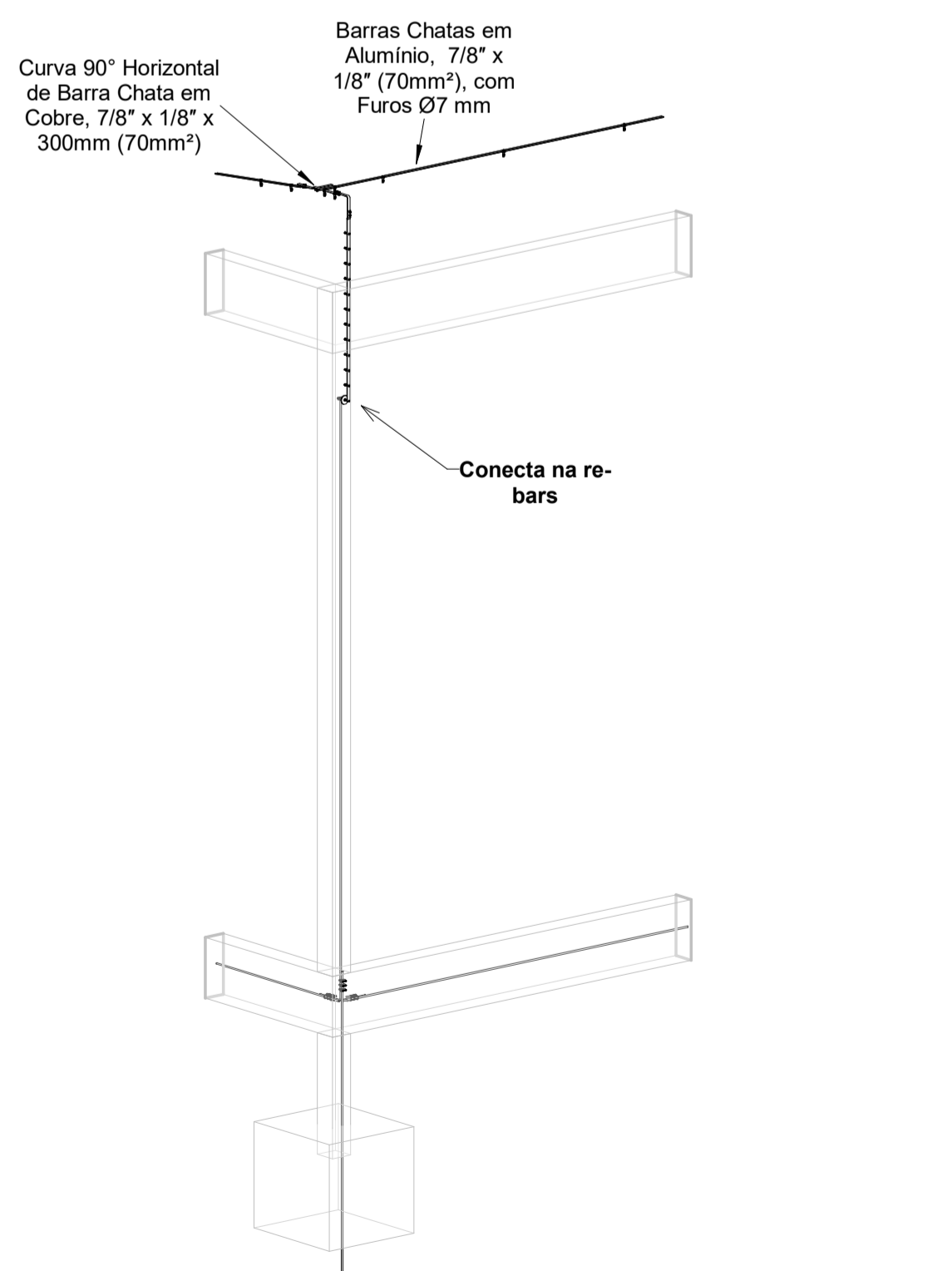
Quantitativo de Barras Redondas de Aço- SPDA		
Descrição do Material	Comprimento (m)	Referência de Fabricante
Barra redonda de aço, Ø8mm (50mm <sup>2</sup> ), Re-bar, em barras de 4m	212,92	Termotécnica Ref.TEL-765

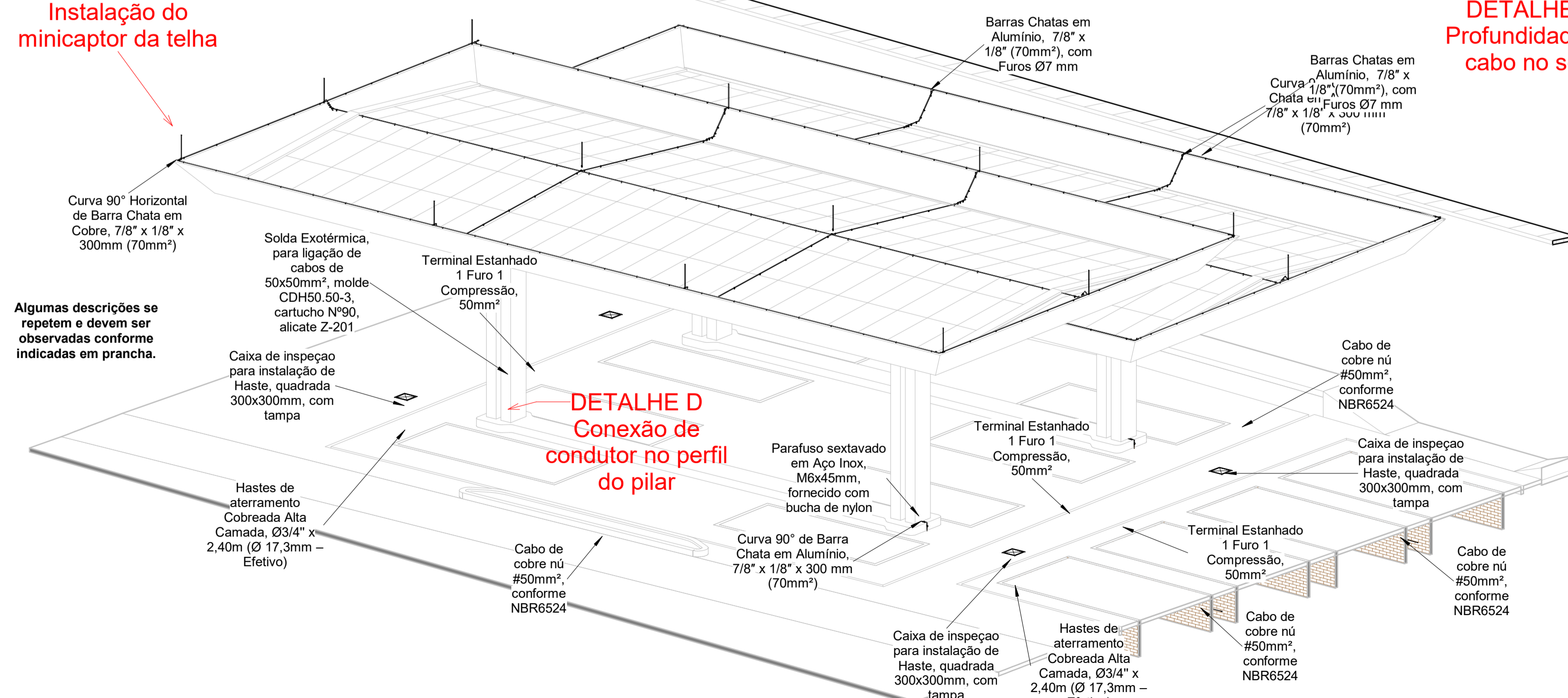
EMPREENHIMENTO:		DATA:	04/24
PROJETO: Comercial - Posto de Combustível		ESCALA:	Como indicado
PROPRIETÁRIO: João e Lucia			
ENDEREÇO: Cajazeiras-PB			
PAGINAÇÃO DE FRANCHIAS:			
01 - 05 SPDA - PLANTA TERREO			
02 - 05 SPDA - PLANTA COBERTA			
03 - 05 SPDA - RE-BARS			
04 - 05 SPDA - ISOMÉTRICO			
05 - 05 SPDA - DETALHAMENTO			
DISCIPLINA:		<b>SPDA</b>	
<b>PREVENÇÃO CONTRA INCÊNDIO</b>		<b>03/05</b>	
CONTEÚDO:		<b>SPDA - RE-BARS</b>	
ASSINATURAS:			
João e Lucia CPF/CNPJ: - Proprietário		Francisco Vieira do Nascimento Neto CREA/PB: 301012312-3 Autor do Projeto - Eng. Civil	
RESPONSABILIDADE TÉCNICA:			
Francisco Vieira do Nascimento Neto CREA: 301012312-3 franciscovneto@gmail.com (83) 9.9616-3483			



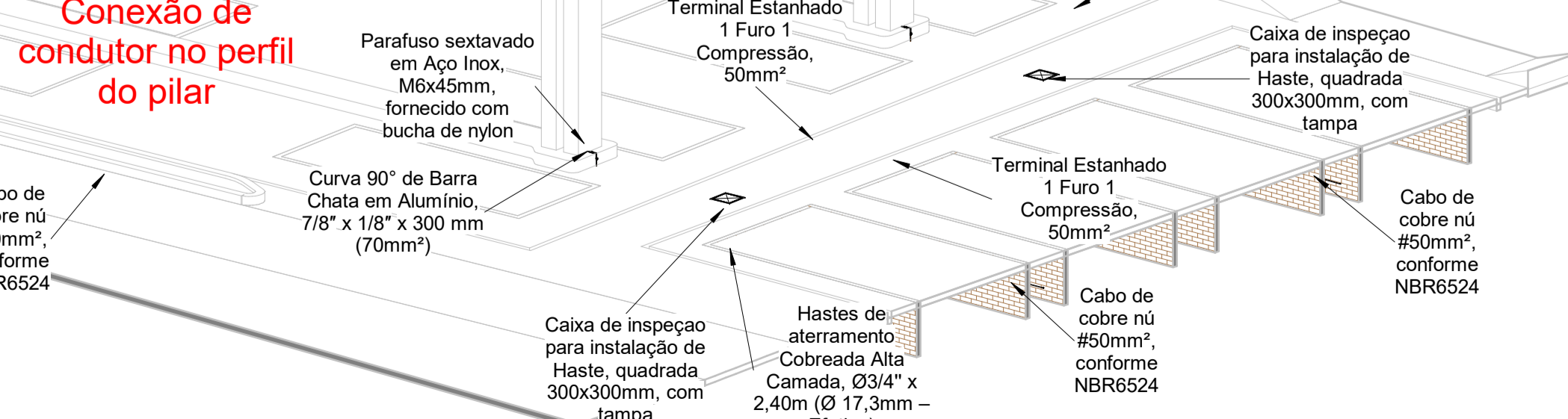
**DETALHE - CONEXÃO ESTRUTURAL**



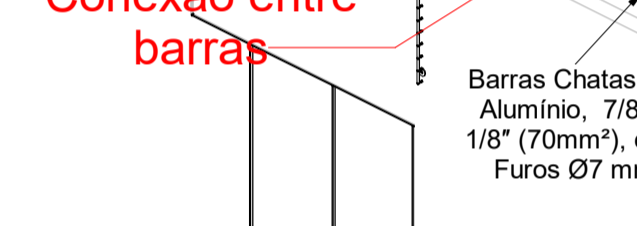
**DETALHE C Instalação do minicaptor da telha**



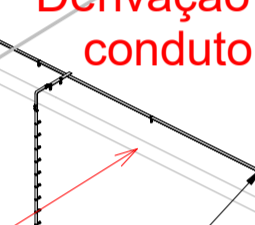
**DETALHE D Conexão de condutor no perfil do pilar**



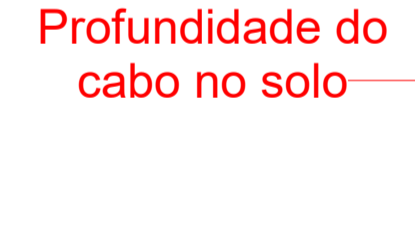
**DETALHE E Conexão entre barras**



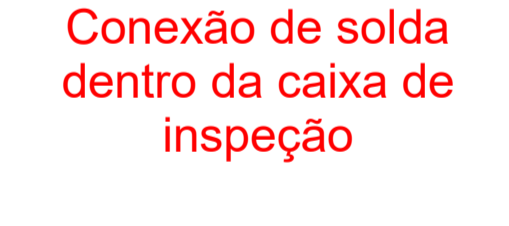
**DETALHE G Derivação do condutor**



**DETALHE B Profundidade do cabo no solo**



**DETALHE A e I Conexão de solda dentro da caixa de inspeção**



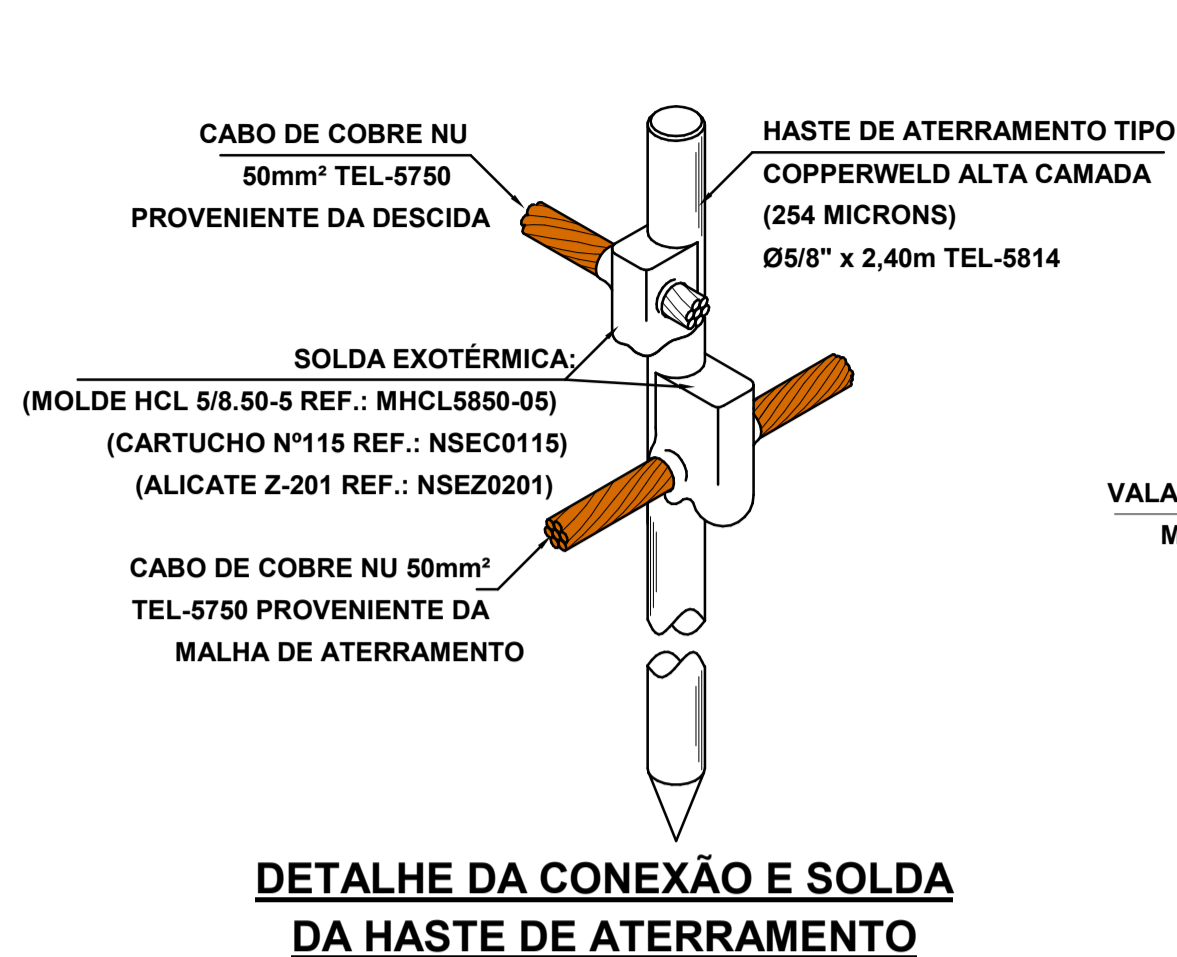
**DETALHE H Descida dos condutores**



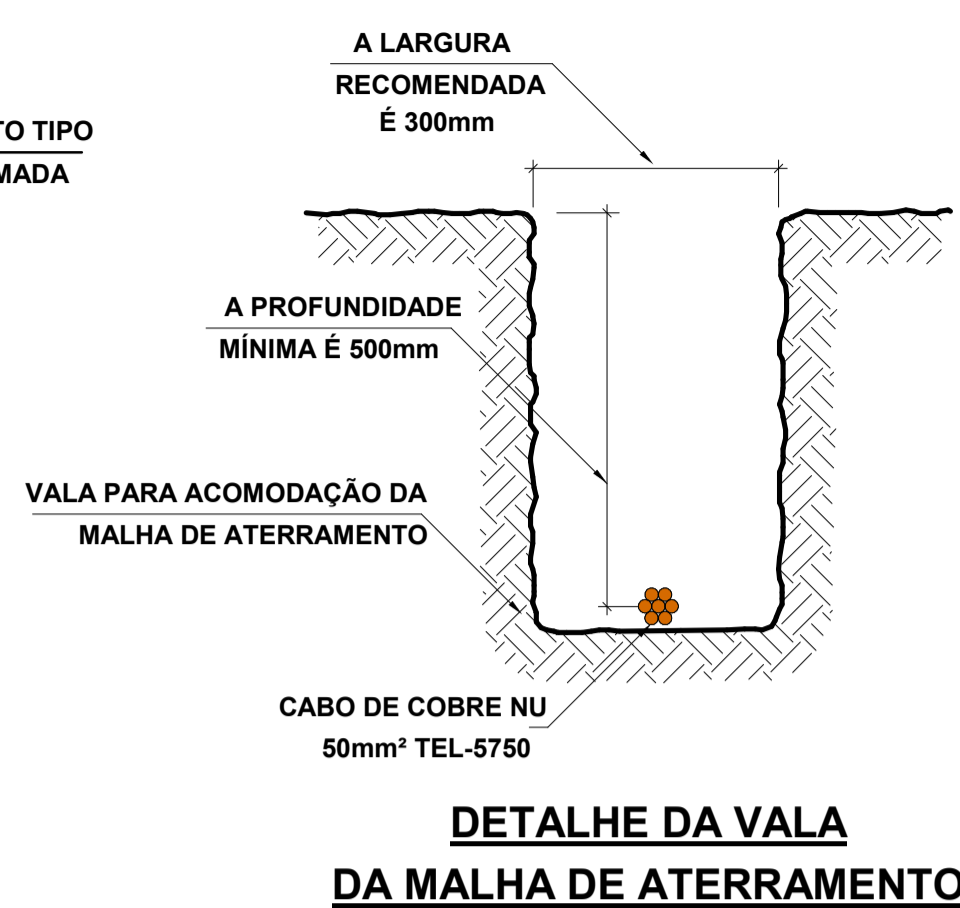
**DETALHE F Fixação lateral**



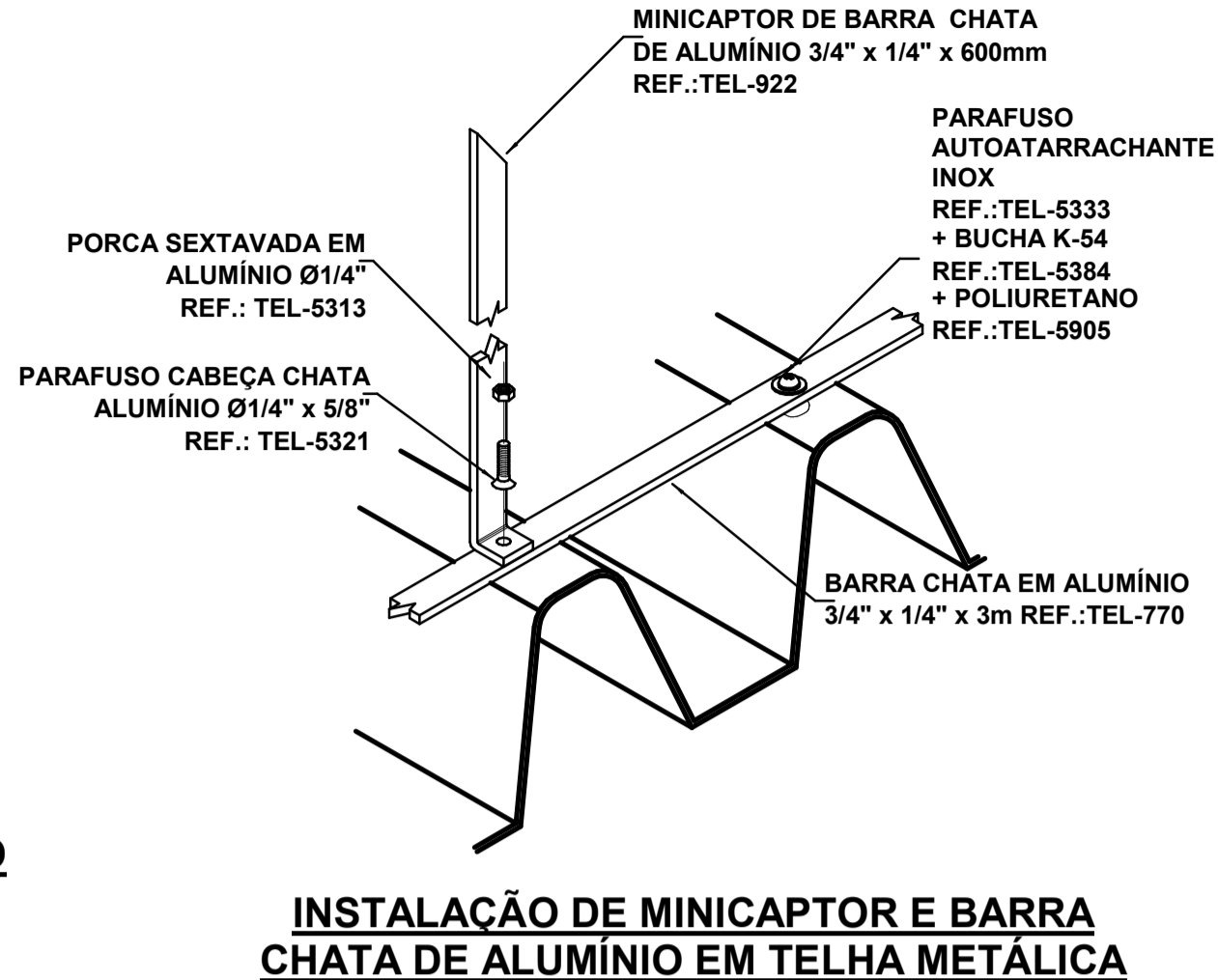
EMPREENDIMENTO: <b>PROJETO: Comercial - Posto de Combustível</b> PROPRIETÁRIO: João e Lucia ENDEREÇO: Cajazeiras-PB		DATA: 04/24 ESCALA:
PAGINAÇÃO DE PRANCHAS: 01 - SPDA - PLANTA TERREO 02 - SPDA - PLANTA COBERTA 03 - SPDA - RE-BARS 04 - SPDA - ISOMÉTRICO 05 - SPDA - DETALHAMENTO		<b>SPDA</b> <b>04/05</b>
DISCIPLINA: <b>PREVENÇÃO CONTRA INCÊNDIO</b>		
CONTEÚDO: <b>SPDA - ISOMÉTRICO</b>		
ASSINATURAS: João e Lucia CPF/CNPJ: - Proprietário		
Francisco Vieira do Nascimento Neto CREA: 301012312-3 francisconeto@gmail.com (83) 9.9616-3483		
RESPONSABILIDADE TÉCNICA: <b>Francisco Vieira do Nascimento Neto</b> CREA: 301012312-3 francisconeto@gmail.com (83) 9.9616-3483		



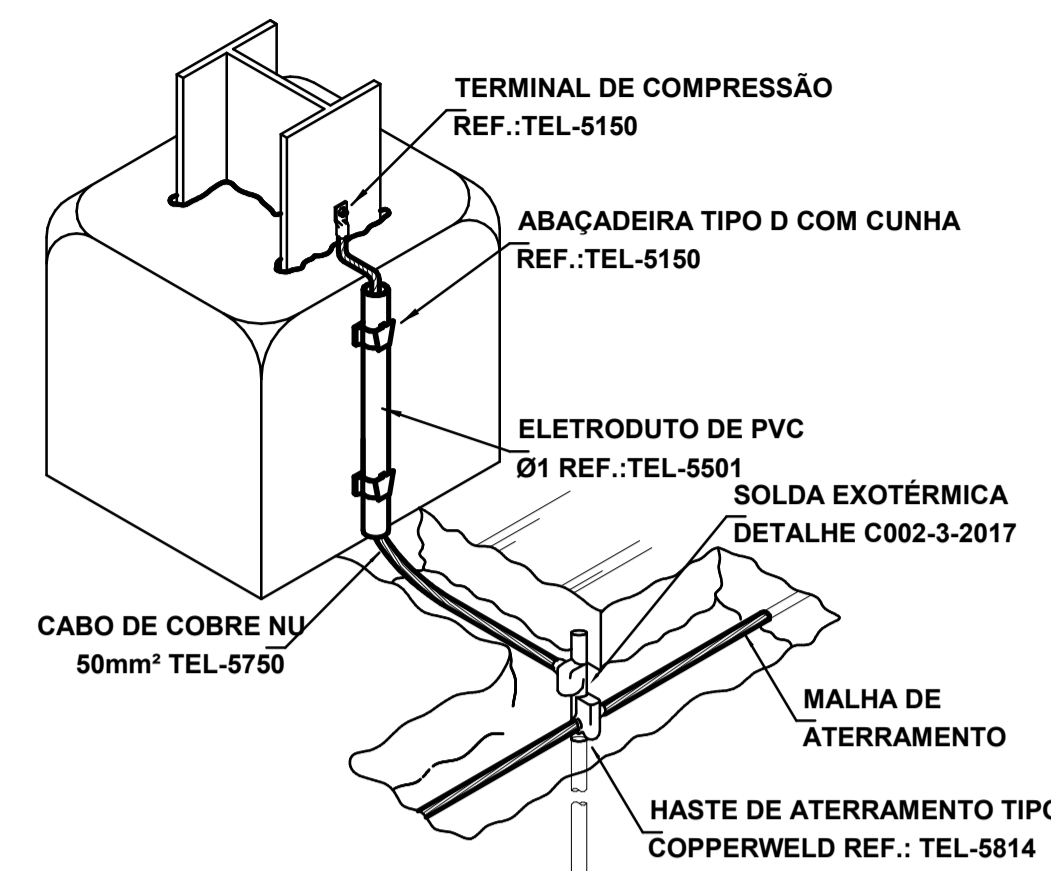
DETALHE A



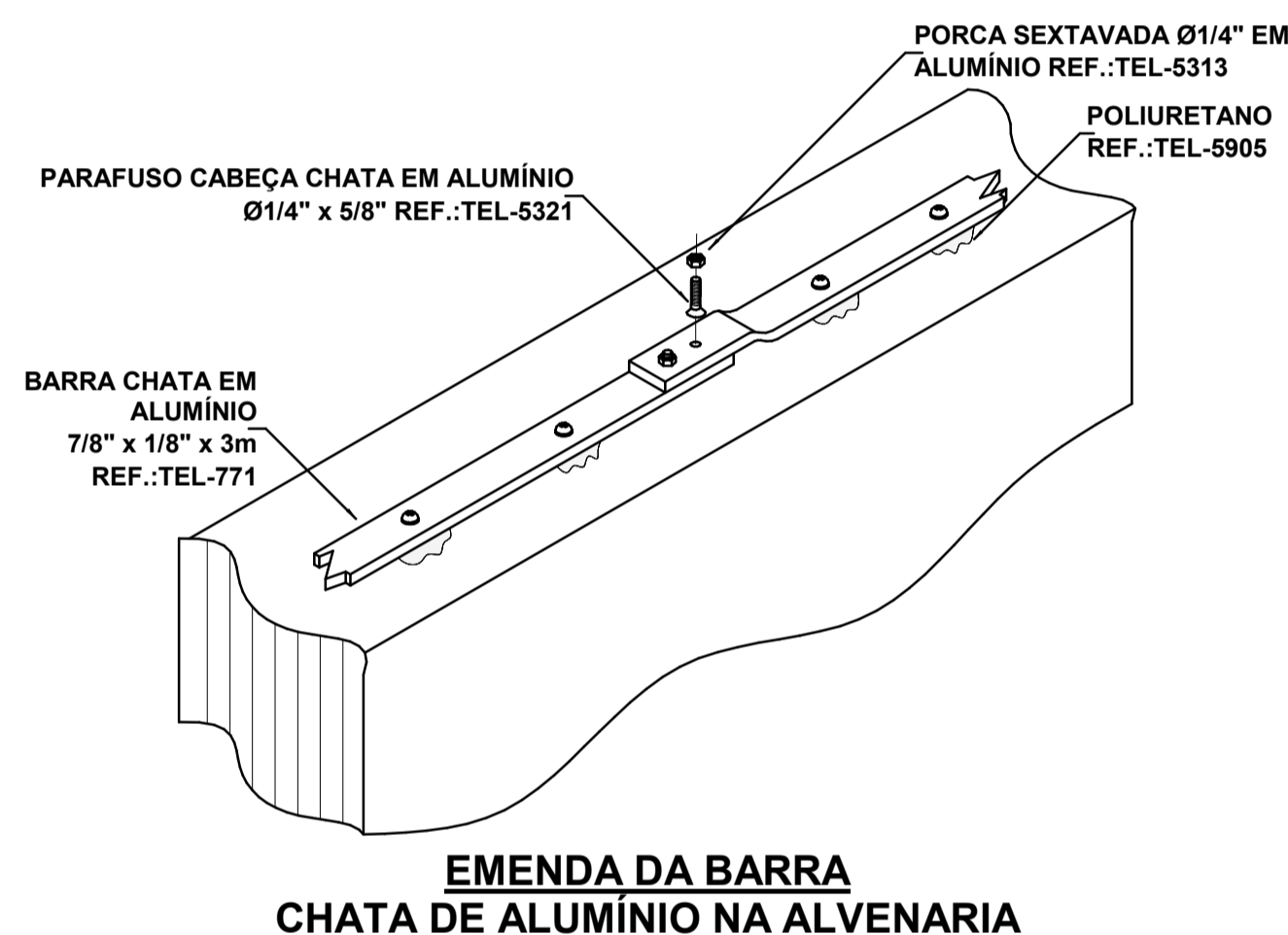
DETALHE B



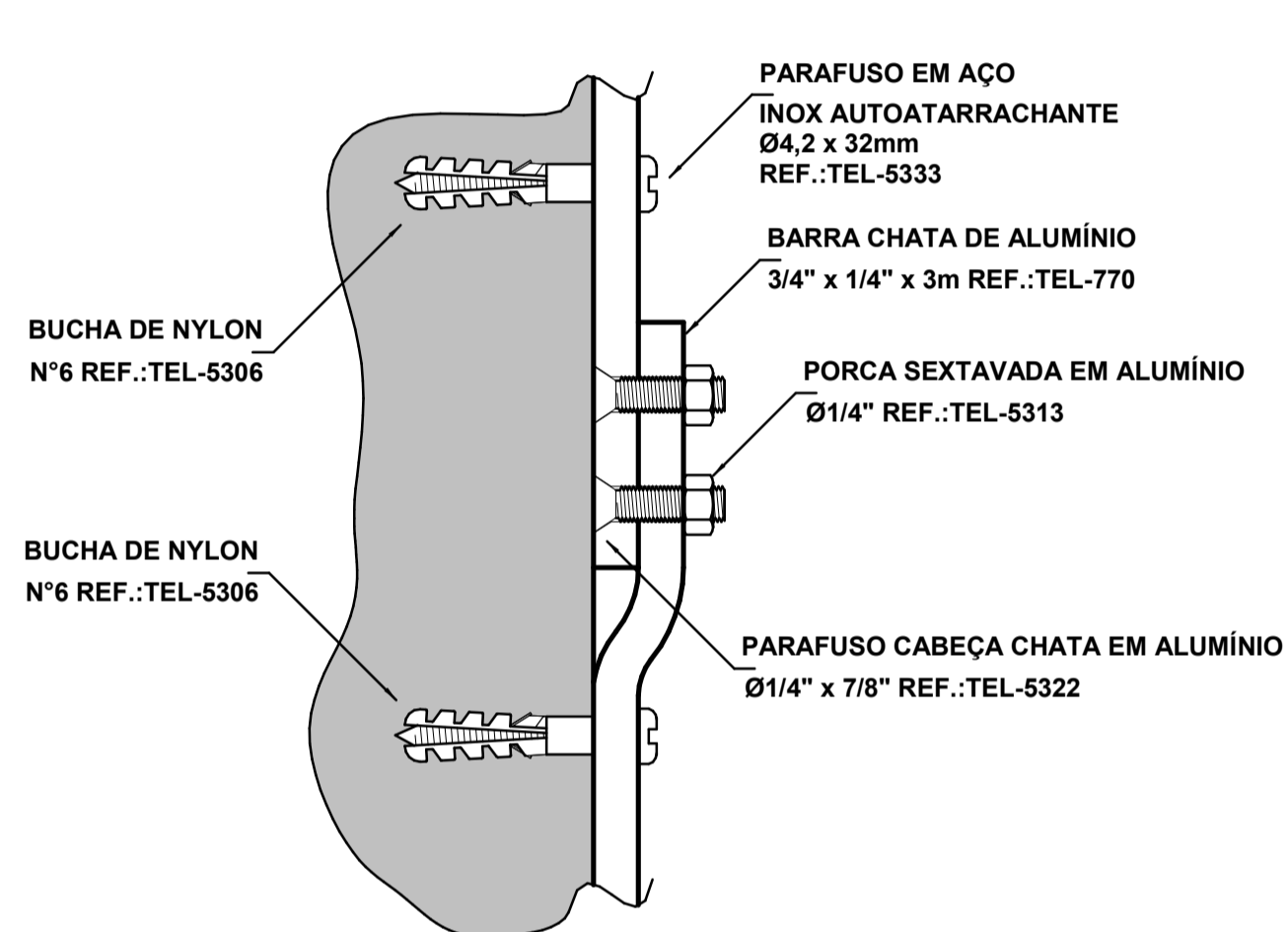
DETALHE C



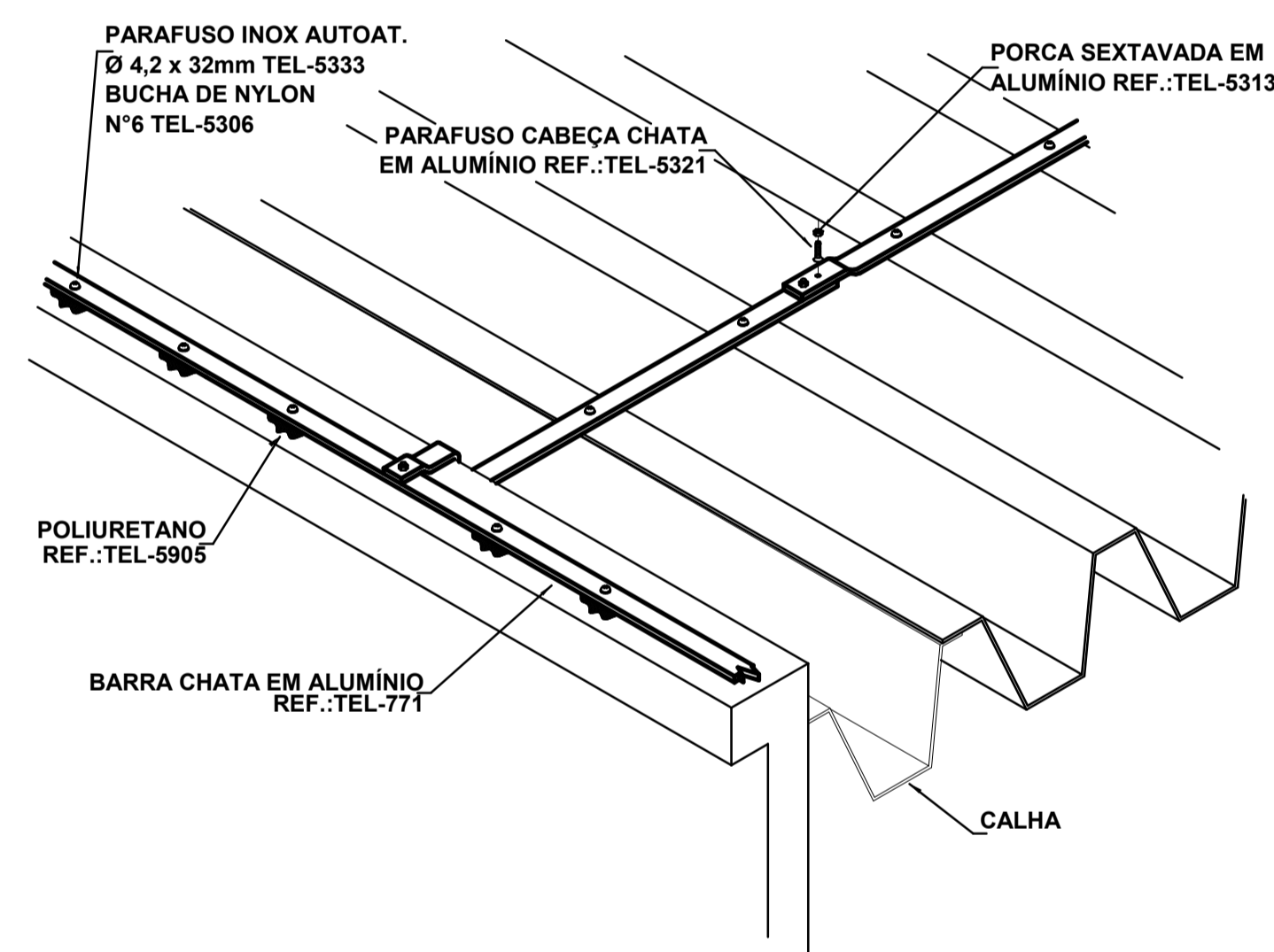
DETALHE D



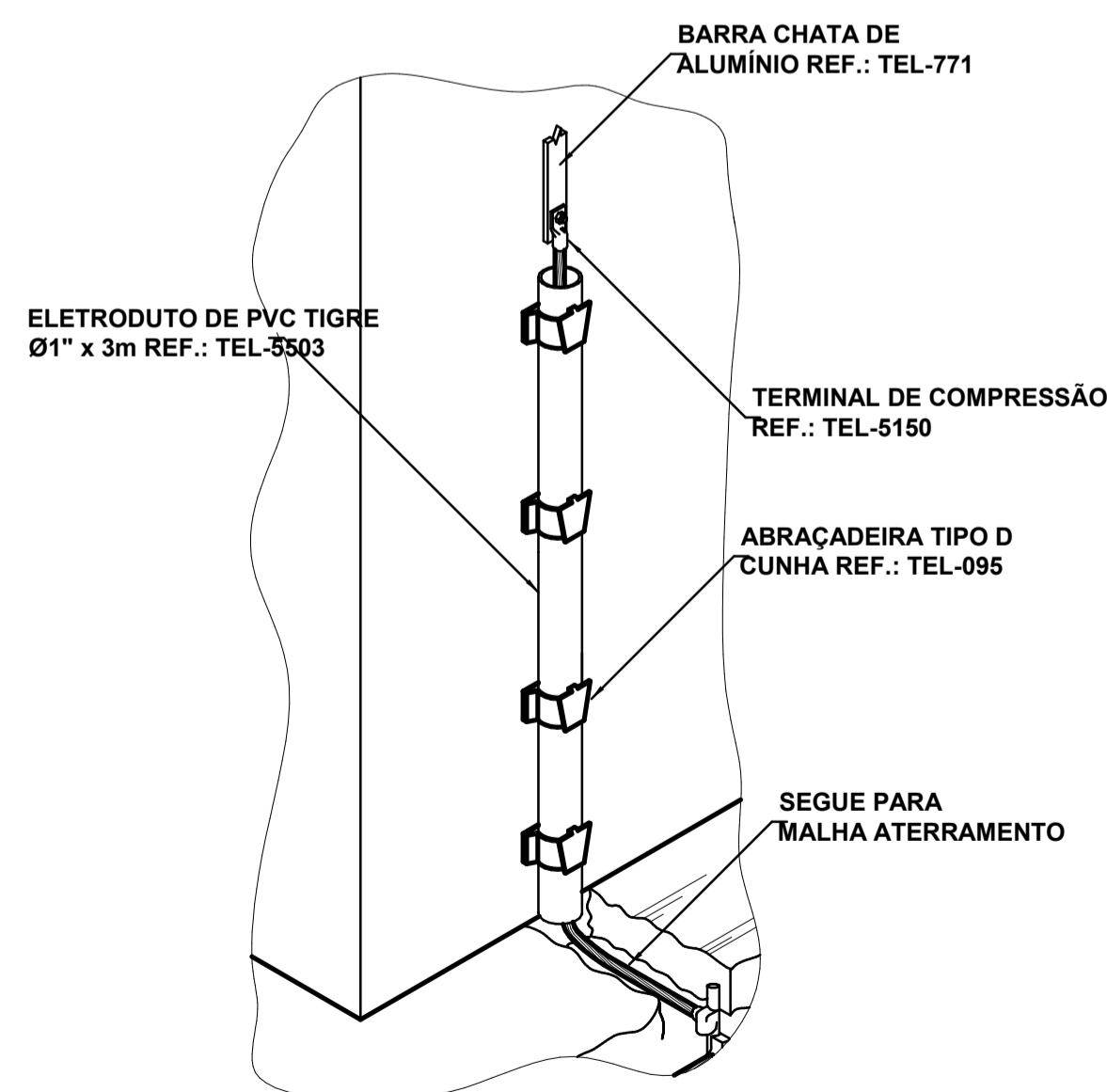
DETALHE E



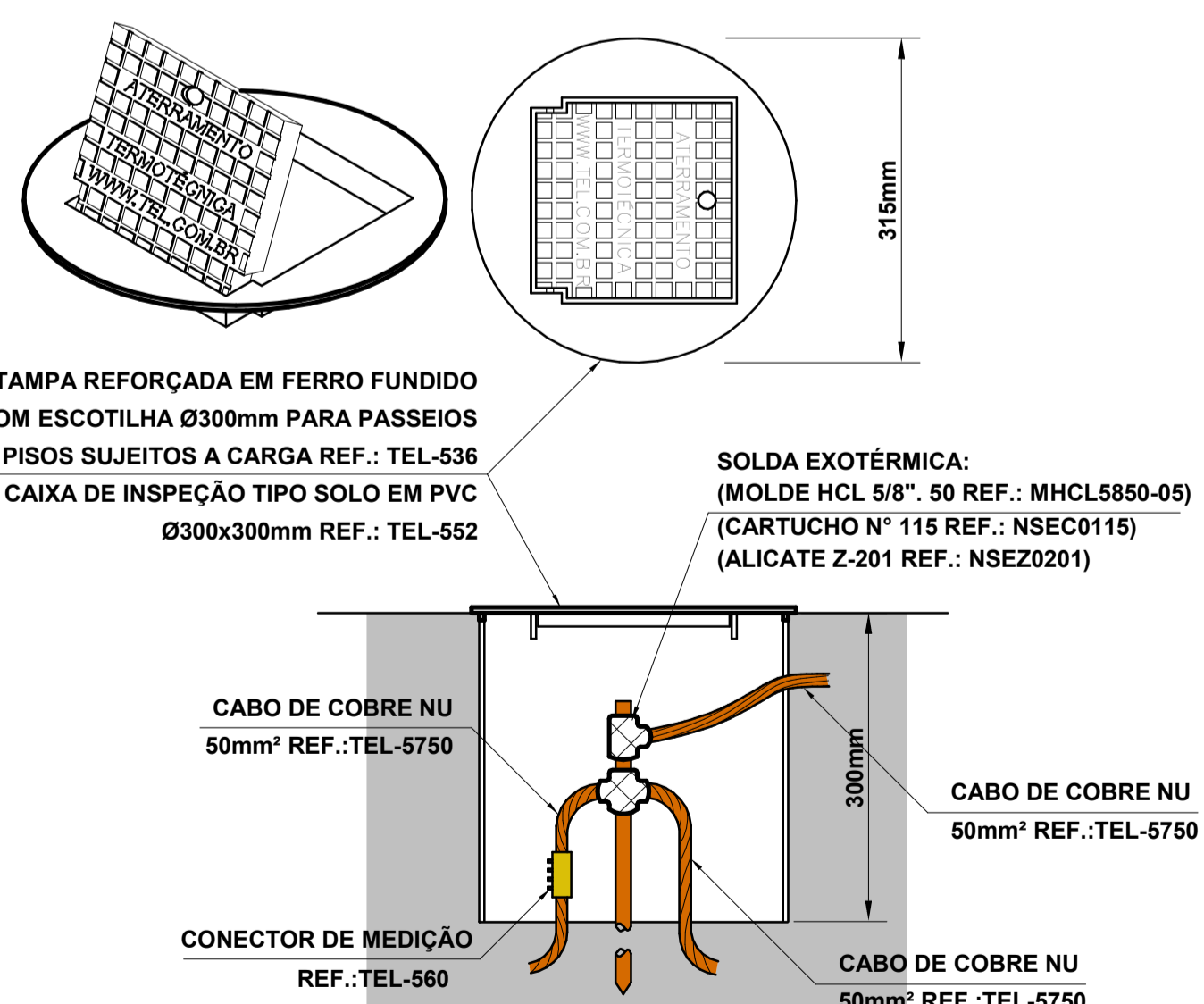
DETALHE F



DETALHE G



DETALHE H



DETALHE I

Quantitativo de Materiais - Componentes - SPDA			
Descrição do Material	Dimensões	Quantidade (peças)	Referência Fabricante
		68	
<b>SPDA e Aterramento</b>			
Caixa de inspeção para instalação de Haste, quadrada 300x300mm, com tampa	300x300mm	7	-
Clip de aço galvanizado para conexão de barras de 8 a 10 mm de diâmetro	8 a 10 mm	183	Termotécnica Ref. TEL-5238
Condulite de inspeção Ø1\"/>			

Quantitativo de Cabos - SPDA		
Descrição do Material	Comprimento (m)	Referência de Fabricante
Cabo de cobre nú #50mm², conforme NBR6524	129,90	Termotécnica Ref.TEL-5750

Quantitativo de Eletrodutos SPDA		
Descrição do Material	Comprimento (m)	Referência de Fabricante
Eletroduto de PVC Rígido Roscável, anti chama, na cor preta, conforme NBR 15465	1,38	Tigre ou equivalente

Quantitativo de Materiais - Componentes por comprimento - SPDA			
Descrição do Material	Dimensões	Comprimento Total (m)	Referência Fabricante
<b>SPDA e Aterramento</b>			
Barras Chatas em Alumínio, 7/8\"/>			

Quantitativo de Barras Redondas de Aço- SPDA		
Descrição do Material	Comprimento (m)	Referência de Fabricante
Barra redonda de aço, Ø8mm (50mm²), Re-bar, em barras de 4m	212,92	Termotécnica Ref.TEL-765

EMPREENHIMENTO:  
 PROJETO: Comercial - Posto de Combustível  
 PROPRIETÁRIO: João e Lucia  
 ENDEREÇO: Cajazeiras-PB

PAGINAÇÃO DE PRONCHAS:  
 01 - 05 SPDA - PLANTA TERREO  
 02 - 05 SPDA - PLANTA COBERTA  
 03 - 05 SPDA - RE-BARS  
 04 - 05 SPDA - ISOMÉTRICO  
 05 - 05 SPDA - DETALHAMENTO

DISCIPLINA:  
**PREVENÇÃO CONTRA INCÊNDIO**

CONTEÚDO:  
**SPDA - DETALHAMENTO**

ASSINATURAS:

João e Lucia  
 CPF/CNPJ: -  
 Proprietário

Francisco Vieira do Nascimento Neto  
 CREA/PB: 301012312-3  
 Autor do Projeto - Eng. Civil

RESPONSABILIDADE TÉCNICA:  
 Francisco Vieira do Nascimento Neto  
 CREA: 301012312-3  
 franciscovneto@gmail.com  
 (83) 9.9616-3483

SPDA  
**05/05**

Como indicado

É proibido na forma da Lei nº 5988, Art. 184 do Código Penal a reprodução total ou parcial deste desenho, bem como sua comunicação a terceiros sem prévia autorização do responsável técnico.

Folha A1 (594 x 841)

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALCÂNTARA, Beatriz De. Cerca de 200 mil raios caem por ano na Paraíba, diz Inpe. **A União**, João Pessoa, mar./2021. Disponível em: [http://www.inpe.br/webelat/elatMidia/arquivos/20210316171505Reportagem\\_A\\_Uniao\\_RAIOS.pdf](http://www.inpe.br/webelat/elatMidia/arquivos/20210316171505Reportagem_A_Uniao_RAIOS.pdf). Acesso em: 11 nov. 2023.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5419**: Proteção de estruturas contra descargas atmosféricas. Rio de Janeiro: ABNT, 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5419-1**: Princípios Gerais. Rio de Janeiro: ABNT, 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5419-2**: Gerenciamento de risco. Rio de Janeiro: ABNT, 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5419-3**: Danos físicos a estruturas e perigos à vida. Rio de Janeiro: ABNT, 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5419-4**: Sistemas elétricos e eletrônicos internos na estrutura. Rio de Janeiro: ABNT, 2015.

COISAS DE CAJAZEIRAS. **Município de Cajazeiras tem a 3º maior incidência de raios na Paraíba**. Disponível em: <https://coisasdecajazeiras.com.br/noticias/municipio-de-cajazeiras-tem-a-3o-maior-incidencia-de-raios-na-paraiba/>. Acesso em: 11 nov. 2023.

DE SOUZA, A. N. et al. **SPDA - Sistemas de Proteção Contra Descargas Atmosféricas**: Teoria, Prática e Legislação. São Paulo: Érica, 2012.

DE STÉFANI, R. V. **Metodologia de projeto de sistemas de proteção contra descargas atmosféricas contra edifício residencial**. São Carlos: [s.n.], 2011.

ELAT. **Ocorrência na Terra.** Disponível em:  
<http://www.inpe.br/webelat/homepage/menu/relamp/relampagos/ocorrencia.na.terra.php>.  
Acesso em: 11 nov. 2023.

LIMA, K. C. **Descargas Elétricas Atmosféricas em Sistemas Convectivos de Mesoescala no Sul da América do Sul.** Pelotas: [s.n.], 2005.

MAMEDE FILHO, J. **Instalações Elétricas Industriais.** 8ª. ed. Rio de Janeiro: Ltc, 2012.

PINTO JUNIOR, O.; PINTO, I. D. A. **Relâmpagos.** 2ª. ed. São Paulo: Brasiliense, 2008.

POTIER, G. D. C. **Física dos raios & Engenharia de segurança.** 2. ed. Porto Alegre: EdPUCRS, 2010.

ROMERO, F. **Avaliação do comportamento dos campos eletromagnéticos gerados por descargas atmosféricas nuvem-terra.** São Paulo: [s.n.], 2007.

SILVA, A. H. **Avaliação da exposição à descargas atmosféricas de uma torre de destilação de uma refinaria de petróleo utilizando elementos finitos.** Fortaleza: [s.n.], 2014.

VISACRO, S. F. **Descargas Atmosféricas: Uma abordagem de engenharia.** [S.l.]: Artliber, 2005.