

ADEQUAÇÃO DE SPDA DE POSTO DE COMBUSTÍVEL À NORMA NBR - 5419/2015: ESTUDO DE CASO

Mayara Pereira da Costa¹

Graduanda em engenharia elétrica

Leandro Soares Machado²

Mestre em Pesquisa Operacional e Inteligência Computacional

Resumo

A proteção contra descargas atmosféricas é essencial para proteção dos equipamentos eletroeletrônicos e segurança da instalação. O Sistema de Proteção Contra Descargas Atmosféricas (SPDA), tem como objetivo minimizar e evitar os efeitos que as descargas atmosféricas causam em ambientes, tanto em relação às pessoas quanto em relação a estruturas. Quando se trata de um posto de combustível, existe um grande potencial de risco de incêndio ou explosão, onde a prevenção é o melhor caminho a seguir. Este estudo de caso, realizado em posto de combustível em Campos dos Goytacazes, possibilitou o compartilhamento das experiências práticas de avaliação e adequação do SPDA.

Palavras-chave: SPDA; Posto de combustível; Adequação.

¹ UNIRENTOR, Engenharia elétrica, Itaperuna - RJ, e-mail (Mayara_pcosta@yahoo.com.br)

² UNIRENTOR, Engenharia elétrica, Itaperuna, e-mail (leandro.machado@uniredentor.edu.br)

Abstract

Protection against atmospheric discharges is essential for the protection of electronic equipment and the safety of the installation. The Lightning Protection System (SPDA) aims to minimize and prevent the effects that lightning strikes cause in environments, both in relation to people and in relation to structures. When it comes to a gas station, there is a great potential for risk of fire or explosion, where prevention is the best way forward. This case study, carried out at a gas station in Campos dos Goytacazes, made it possible to share practical experiences in evaluating and adapting the SPDA.

Keywords: LPS; Fuel station; Adequacy.

1. INTRODUÇÃO

O Brasil é um dos países com maior incidência de descargas atmosféricas no mundo. A sua posição geográfica e também sua grande extensão territorial colaboram para esse alto índice (PINTO JR., 2000).

Tocantins registrou o maior número expressivo de descargas atmosféricas, 788.150 raios apenas no mês de outubro, quase o dobro do mesmo período de 2021, onde foram registradas 383.874 descargas atmosféricas (INPE, 2021).

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) define em sua norma NBR 5419/2015 que descarga atmosférica é uma descarga elétrica de origem atmosférica entre uma nuvem e a terra ou entre nuvens, consistindo em um ou mais impulsos de vários quiloampères (NBR-5419, 2015).

Sistemas de Proteção contra Descargas Atmosféricas (SPDA) são definidos como mecanismos de proteção contra as ações de raios em estruturas. Seu principal fundamento é proporcionar que haja um caminho seguro para essas correntes de descargas (SANTOS; CRUZ, 2018).

Quando há o emprego adequado desse sistema, há a criação de um tipo de blindagem na estrutura, tanto de forma externa quando interna, para que todos os usuários dessa edificação estejam seguros contra efeitos térmicos, mecânicos e elétricos associados a esses fenômenos naturais (SANTOS; CRUZ, 2018).

Os postos de combustíveis apresentam elevado potencial de explosão e incêndio. Cabe a responsável pelo posto, zelar pela correta instalação dos equipamentos, sua manutenção periódica, atentando sempre ao estado de conservação e funcionamento, de modo que sejam observadas todas as normas que versam sobre o assunto, bem como devem

capacitar seus funcionários para o adequado manuseio dos equipamentos e operações (ALVES; MARQUES, 2018).

O objetivo deste trabalho é analisar a importância da instalação de um sistema de proteção contra descargas atmosféricas e compartilhar as experiências de adequação do SPDA de um posto de combustíveis em Campos dos Goytacazes - RJ.

2. REVISÃO LITERÁRIA

2.1. Formação de descargas atmosféricas

Ventos de grande velocidade ao entrarem em contato com as nuvens, que são formadas por partículas de água, permitem que se formem dentro delas uma grande concentração de cargas elétricas. Sobre o que diz respeito a essas cargas, há um entendimento de que as ditas positivas tendem a se alojar na parte superior dessas nuvens, assim como as negativas na parte inferior delas como mostrado na Figura 1 (VISACRO FILHO, 2005)

Segundo Visacro Filho (2005), algo de importante a se lembrar é que, cargas negativas induzem no solo ou em algum meio que encontram – como árvores, edificações – cargas elétricas positivas, causando assim o surgimento de uma diferença de potencial. De acordo com o Grupo de Eletricidade Atmosférica (ELAT), essas cargas podem chegar até 100 MV.

Sabe-se que no ar atmosférico existe uma capacidade de suporte ao campo elétrico chamada de rigidez dielétrica, a qual chega a aproximadamente 3MV/m (VISACRO FILHO, 2005).

Em algumas regiões, o campo elétrico consegue superar essa rigidez dielétrica, permitindo que haja o surgimento de descargas elétricas muito fortes, produzindo um canal ionizado de plasma que possui um comprimento de dezenas de metros. E à medida que essas cargas se movimentam pelo ar, ocorre um aumento na produção de cargas positivas induzidas em superfícies de solos ou de edificações (VISACRO FILHO, 2005).

Quando acontece o fenômeno no qual a dimensão do campo elétrico que foi gerado, é ultrapassado, há um deslocamento de cargas elétricas saindo das nuvens em direção ao solo em um curso que gera diversas ramificações. A descarga inicial, é conhecida como descarga descendente; de acordo com que esse trajeto carregado com cargas negativas, se aproxima do solo ocorre o aumento da densidade de cargas positivas induzidas no solo, assim podendo formar a chamada descarga elétrica ascendente (VISACRO FILHO, 2005).

Ao se conectarem, essas duas descargas formam uma principal ou uma corrente de retorno, como mostrado na Figura 1.

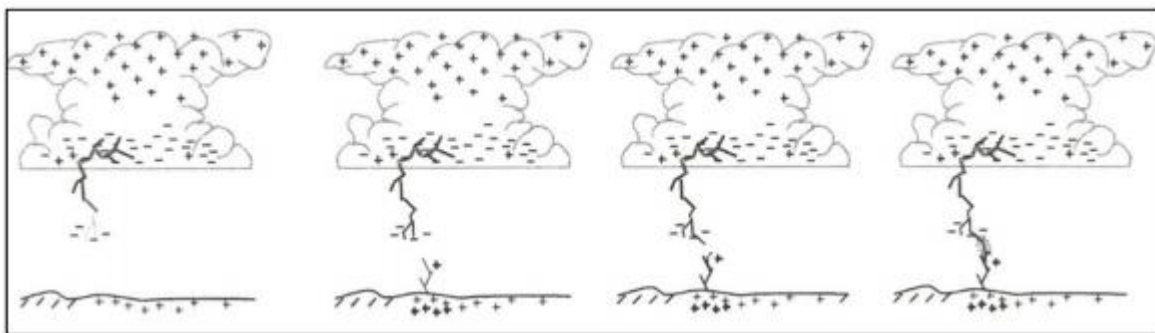


Figura 1 – Caminho percorrido pelas cargas nas nuvens até o solo.

Fonte: Visacro Filho (2005, p. 39)

2.2 Descargas atmosféricas no Brasil

De acordo com Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE (2016), o Brasil é um dos países mais atingidos por raios no mundo. Estima-se que cerca de 50 milhões de descargas atmosféricas caem em todo o território por ano.

Grande parte do motivo disso acontecer deve-se ao fato de que o Brasil se localiza em uma zona tropical do planeta, onde o clima é mais quente e conseqüentemente mais favorável à formação de tempestades e raios. Segundo dados do ELAT – INPE (2016), cerca de 1.792 mortes foram causadas por raios no país, sendo 43% dessas durante o verão que é a época onde há um grande acúmulo de calor e umidade. Outro dado relatado, foi que 66,7% dos casos aconteceram ao ar livre.

Um levantamento inédito elaborado pelo ELAT reuniu informações coletadas pelo Departamento de Informações e Análise Epidemiológica (CGIAE) do Ministério da Saúde, veículos da imprensa e dados de população do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), no período de 2000 a 2019. Os resultados revelam um total de 2.194 fatalidades registradas; uma média de 110 casos por ano no período. Dentre as principais circunstâncias de fatalidades, os maiores percentuais são aqueles associados a atividades de agronegócio (26%) (INPE, 2021).

É importante lembrar que, além de risco à vida humana, essas descargas podem causar um enorme prejuízo às edificações, assim como sistemas de energia, telefone e gás.

3. METODOLOGIA

3.1. Características do estabelecimento

Este estudo foi realizado em um posto de combustível em Campos dos Goytacazes, que após reforma e regulamentação foi exigido laudo de conformidade do SPDA conforme NBR-5419/2015. O posto está localizado às margens da BR-356, em Campos dos Goytacazes, RJ,

com largura e comprimento do terreno correspondentes, respectivamente a 30m x 9,45m, o equivalente a uma área total de 1183,5 m². A vista frontal do posto pode ser observada na Figura 2.

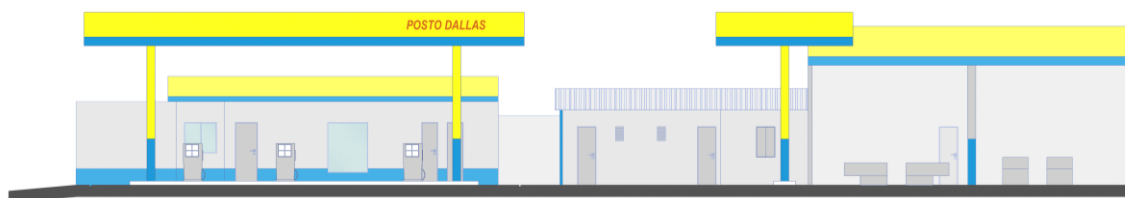


Figura 2 – Representação do Estabelecimento.

Fonte: Elaboração própria (2021)

A mesma é constituída de uma estrutura metálica de cobertura de telha galvanizada e sustentada por pilares metálicos tubulares, como observado na Figura 2. A edificação existente está localizada no Bairro Jockey Club, um bairro residencial, com diversas edificações em seu entorno. Na Figura 3 encontram se os detalhes da localização do estabelecimento.



Figura 3 – Vista do estabelecimento via satélite.

Fonte: Google Maps (2021)

3.2. Avaliação do sistema de proteção existente

Este estudo teve como início a coleta de dados de projetos e documentações existentes. O próximo passo foi fazer o levantamento das exigências da normativa NBR-5419-3 no Anexo D. De forma a se ter melhor conhecimento de todo processo utilizado para análise

e adequação do SPDA, seguem algumas das recomendações para estruturas com risco de explosão:

- A resistência ôhmica do eletrodo de aterramento para estruturas contendo materiais explosivos sólidos e misturas explosivas deve ser tão baixa quanto possível;
- A equipotencialização entre componentes do SPDA e outras instalações condutoras, bem como entre componentes condutores de todas as instalações;
- Proteger o volume ao redor da tubulação dos respiros dos tanques de combustível gerado pelos gases potencialmente inflamáveis, por ela emitidos;
- O volume ao redor da tubulação dos tanques de combustível deve ficar dentro do volume de proteção de SPDA isolado, calculado conforme especificações desta Norma;

De posse das exigências da NBR-5419/2015 foi feita inspeção visual de campo e fotografias das instalações elétricas, malha de aterramento, das bombas de combustível, tubulações de saída de vapores, dentre outras. O próximo passo foi realização de um relatório básicos das condições das instalações elétricas e SPDA existentes, listados abaixo:

- ✓ Possui dois quadros de distribuição, ambos sem DPS;
- ✓ A instalação elétrica com fornecimento trifásico de 125 A, 220/127 V;
- ✓ O estabelecimento não possui SPDA instalado;
- ✓ A cobertura da área de abastecimento é realizada mediante a telha galvanizada;
- ✓ Os pilares de sustentação e bombas estão aterrados por meio de cabo de 35 mm²;
- ✓ Existe uma malha de aterramento formada por 4 hastes de 2,40 x 1/2”;
- ✓ A área de lavo jato e bombas possuem tubulações à prova de explosão;
- ✓ Uma das bombas não estava devidamente aterrada;
- ✓ Não foi encontrado a interligação entre aterramentos dos quadros elétricos e à malha de aterramento no qual estão aterrados os pilares de sustentação da cobertura (Falta de sistema de equipotencialização);
- ✓ Dentre outros detalhes.

Na figura 4 encontram-se as imagens dos quadros elétricos de entrada de energia bem como da caixa de passagem de cabos e aterramento.



Figura 4 – Fotografias do atual sistema de proteção inadequado

Fonte: Leandro Machado (2021)

Para que seja avaliada a conformidade do estabelecimento desta natureza o principal passo foi fazer o levantamento das exigências da normativa NBR-5419-3 no Anexo D. De forma a se ter melhor conhecimento de todo processo utilizado para análise e adequação do SPDA, segue algumas das recomendações para estruturas com risco de explosão:

- SPDA deve ser projetado e instalado de tal maneira que, em caso do impacto direto da descarga atmosférica, não haja fusão ou fragmentação de material, exceto no ponto de impacto;
- Um eletrodo em anel deve ser instalado no subsistema de aterramento, de acordo com 5.4.2, para todos os sistemas de proteção contra descargas atmosféricas utilizados em estruturas onde haja perigo de explosão.
- Dispositivos de proteção contra surtos (DPS) específicos devem ser instalados como parte integrante da proteção do SPDA em todos os locais onde materiais explosivos estiverem presentes, dentre outras.

3.2.1 - Análise dos fatores de risco da edificação

A princípio, foi feita uma análise global da edificação baseada na parte II da NBR 5419/2015, pela qual constata-se, de acordo com um gerenciamento de riscos, que é necessária a instalação de um sistema SPDA no estabelecimento. Além disso, foi possível definir a classe do SPDA, o sistema de captação a ser adotado, o sistema de descida e seu aterramento.

Para proporcionar uma segurança adicional à estrutura, adotou-se o uso de três DPS's (Dispositivo de Proteção contra Surto). O local já possui uma malha de aterramento, mas haverá necessidade de uma melhora no sistema, pois há falta de interligação de alguns pontos. Foram adotados esses dispositivos após uma verificação dos tipos de perdas a que a edificação estaria suscetível.

De acordo com a NBR 5419/2015 – Parte II, entende-se como perdas sofridas por uma estrutura, como:

a) L1: Perda de vida humana;

b) L2: Perda de serviço ao público;

c) L3: Perda de patrimônio cultural;

d) L4: Perda de valores econômicos (estrutura e seu conteúdo, instalação de serviço e perda de atividade).

No caso da edificação em questão, temos como perda adotada a L1 por se tratar de um estabelecimento comercial. O fator L2 não foi considerado, por não se tratar de um prédio que presta algum tipo de serviço público, o L3 também não foi levado em conta por não se tratar de um patrimônio tombado e a perda L4 não foi considerada por não possuir sua quantificação obrigatória nesse caso em questão.

3.2.2 - Análise do número anual de eventos perigosos decorrentes de descargas atmosféricas em Campos dos Goytacazes-RJ

Para atender os requisitos da NBR 5419/2015 – Parte II, foi avaliado o local onde está localizado o empreendimento, assim como aspectos físicos da estrutura, da vizinhança e os eventos de descargas elétricas que ocorrem no município de Campos dos Goytacazes- RJ.

- **Densidade de Descargas atmosféricas (N_g)**

O número de descargas atmosféricas pode ser quantificado de acordo com sua densidade, esse valor é disponibilizado pelo site do INPE. Após uma consulta, obteve-se que a densidade de descargas atmosféricas (N_g) em Campos dos Goytacazes, foi de:

$$N_g \cong 1,539 \text{ (descargas / km}^2 \text{ / ano)}$$

- **Área de exposição equivalente (A_d)**

Para esse estudo de caso, serão consideradas também as descargas que atingem a edificação. Para isso é necessário conhecer as dimensões da mesma. Para definição de alguns fatores, foram usados alguns valores tabelados pela da NBR 5419:2015 e alguns obtidos por cálculos. As dimensões necessárias para o cálculo, são definidas como:

L = Comprimento (m);

W = Largura (m);

H = Altura (m);

Através desses valores, consegue-se calcular a área de exposição equivalente (A_d), que representa a área do plano da estrutura prolongada em todas as direções, através da equação (1) a seguir:

$$A_d = L \times W + 2 \times (3 \times H) \times (L + W) + \pi \times (3 \times H)^2 \quad (1)$$

Onde, no caso analisado temos dimensões de L, W, H que valem respectivamente 39,45 m x 30 m x 6,20 m. Ao aplicar na Equação 1, temos o valor total da área de exposição equivalente (A_d) a ser protegida, que é de 4.848,9 m².

- **Número de eventos perigosos para a estrutura (N_d)**

Para definir esse parâmetro, além dos valores de N_g e A_d , precisamos conhecer o fator de localização da estrutura (C_d), que é definido através da NBR 5419/2015 parte II. Ao analisar o local, verifica-se que não há edificações em torno que são mais altas, através disso obtemos o valor normativo para $C_d = 0,5$.

De acordo com a equação abaixo, pode-se calcular o número de eventos perigosos à estrutura:

$$N_d = N_g \times A_d \times C_d \times 10^{-6} \quad (2)$$

Ao aplicar os valores definidos anteriormente na Equação 2, determina-se que o valor de eventos perigosos na estrutura como 0,004/ano.

- **Avaliação do número médio anual de eventos perigosos devido a descargas atmosféricas na linha (N_L)**

Para definição desse fator, temos parâmetros tabelados como C_i (fator de instalação da linha), C_t (fator tipo de linha) e C_e (fator ambiental da linha) que são encontrados na NBR 5419/2015 parte II.

A edificação analisada terá uma linha de energia que será enterrada ($C_i = 0,01$), para o fator de tipo de linha (C_t) será adotado o valor 1,0 e por ser localizada em uma urbana, mas não possuir edificações de grande porte em sua vizinhança, o fator ambiental de linha (C_e) será 0,1. Ao definir esses valores, é preciso calcular a área de exposição equivalente de descargas atmosféricas que atingem a linha através da Equação 3:

$$A_l = 40 \times L_L \quad (3)$$

O parâmetro L_L é conhecido como comprimento da seção da linha em metros, porém se ele for desconhecido pode-se assumir o valor de $L_L = 1000 \text{ m}$. Ao aplicar na Equação 3, encontra-se o valor de 40.000 m^2 . Portanto, para o cálculo de exposição equivalente de linha, há a seguinte fórmula (4):

$$N_l = N_g \times A_l \times C_l \times C_e \times C_t \times 10^{-6} \quad (4)$$

Aplicando os valores definidos anteriormente, na Equação 4, se obtém como valor de exposição equivalente de linha $0,0062/\text{ano}$.

3.2.3 Análise da probabilidade de danos (P_x)

- **Probabilidade P_A de uma descarga atmosférica na edificação de causar ferimentos a seres vivos por choque elétrico**

Esse fator é considerado a probabilidade de um ser vivo sofrer ferimentos devido a um choque elétrico por descarga atmosférica. É importante entender, que as tensões de toque e de passo que ocorrem em seres vivos devido ao choque elétrico por conta de descargas atmosféricas estão atreladas a medidas de proteção adotadas e nível de proteção do sistema SPDA (NBR 5419/2015). Como na edificação analisada será considerada a equipotencialização efetiva do solo como uma proteção adicional (P_{TA}), adotando-se o valor de $0,01$. Para o valor probabilidade de danos físicos por uma descarga atmosférica em uma estrutura P_B , se faz uma relação com a função do nível de proteção contra descargas atmosféricas (N_p). Entende-se que a classificação de N_p é definida pelo nível de proteção do SPDA, que no caso abordado foi adotado como classe IV por se tratar de uma edificação comum, para fins comerciais.

Portanto, com a definição da classe do SPDA, obtém-se o valor de $P_B = 0,2$ e com a Equação 5 encontra-se o valor de P_A :

$$P_A = P_B \times P_{TA} \quad (5)$$

Assim, aplicando os valores definidos normativamente, encontra-se $P_A = 0,002$ ou $0,2\%$ de probabilidade de uma descarga atmosférica causar choques em seres vivos.

- **Probabilidade de uma descarga atingir uma linha e provocar ferimentos a seres vivos por choque elétrico (P_U)**

Para obter o valor dessa probabilidade, usa-se a Equação (6) a seguir:

$$P_U = P_{TU} \times P_{EB} \times P_{LD} \times C_{LD} \quad (6)$$

O valor de P_{TU} adotado para esse caso, será 0,02 devido a isolação elétrica. Para o P_{EB} usa-se o valor tabelado pela norma de 0,05 por se tratar de um caso de proteção N_B classe III ou IV com utilização de DPS. O parâmetro de probabilidade de falha de sistemas internos devido a uma descarga atmosférica (P_{LD}) foi definido com o valor de 1,00 por adotar a tensão suportável de impulso para linha de energia como 1,5 kV e, como a linha entra no posto de forma subterrânea não blindada, adota-se o valor de isolamento de linha (C_{LD}) como 1,00.

Substituindo esses valores na Equação 6, encontra-se a probabilidade P_U de 0,02 ou seja, 2%.

- **Probabilidade de uma descarga atmosférica atingir uma linha e causar danos físicos (P_V)**

$P_V = 2\%$, valor tabelado na norma de acordo com a classe do SPDA.

3.2.4 Quantidade de perda (L_X)

Nesse momento, foram definidos os tipos de perda e danos que poderiam acontecer na edificação analisada. O parâmetro de perda L_X se refere às perdas de vida humana (L1), perdas essenciais de serviço ao público (L2), perdas à patrimônio cultural (L3), e perdas econômicas (L4). É importante entender que cada tipo de perda está associado a algum tipo de dano, que são: ferimentos devido ao choque (D1), danos físicos (D2) e falhas em sistemas internos (D3).

No caso analisado, por se tratar de um tipo de perda a vida humana (L1), os danos relacionados estarão expressos nas seguintes Equações (7)(8)(9):

Dano D1:

$$L_A = L_U = r_t \times L_t \times \frac{N_Z}{N_t} \times \frac{T_Z}{8.760} \quad (7)$$

Dano D2:

$$L_B = L_V = r_p \times r_f \times h_z \times L_f \times \frac{N_Z}{N_t} \times \frac{T_Z}{8.760} \quad (8)$$

Dano D3:

$$L_C = L_M = L_W = L_Z = L_0 \times \frac{N_Z}{N_t} \times \frac{T_Z}{8.760} \quad (9)$$

Sobre o fator r_t na equação de dano D1, diz respeito a um parâmetro de redução de perda de vida humana em função do solo ou piso da estrutura. Nesse caso, por se tratar de

um posto de gasolina, considerou-se um piso de concreto, adotando-se assim o valor 0,01 por conta da resistência de contato tabelada para esse material na norma (NBR 5419/2015).

Para L_T presente no primeiro dano (D1), será adotado 0,01 que corresponde ao número médio relativo de vítimas feridas por choques elétricos, que no caso estudado se enquadra para qualquer tipo de estrutura.

Para definição do número de pessoas na zona (N_z), assim como total de pessoas (N_t) e tempo de permanência delas na zona (T_z), foi analisada a rotina diária de funcionamento do empreendimento, onde foram definidos os seguintes valores $T_z = 4.380 \text{ horas/ano}$, $N_z = 10 \text{ pessoas}$ e $N_t = 20 \text{ pessoas}$.

Ao substituir os dados encontrados na Equação 7, obtém para L_A e L_U o valor de 0,000025.

Já para os danos D2, existe o fator de redução r_p que são as medidas de segurança que serão tomadas, que neste caso serão instalação de extintores de incêndio, alarme e placas de aviso. Portanto de acordo com a NBR 5419/2015, adota-se o valor de 0,5. O fator r_f para esse caso será elevado risco de incêndio, que é considerado o fator de redução das perdas em função dos danos físicos, que possui o valor de 0,1(NBR 5419/2015).

Para o parâmetro h_z que é o aumento de perda caso haja algum perigo especial, como por exemplo locais de eventos, festas, ou seja, que possuem difícil evacuação em caso de sinistro, adotou-se 2 por se tratar de um local de baixo nível de pânico (NBR 5419/2015).

Para o critério de número médio típico de vítimas L_f por danos físicos D2, define um tipo de risco de evento perigoso decorrente de uma descarga atmosférica. No caso desta estrutura, adotou-se como valor de perda típico como 0,1 por ser uma edificação comercial, ao aplicar na Equação 8 define-se o valor de L_B e L_V como 0,0025. Por essa estrutura não se tratar de uma unidade hospitalar, o dano D3 não será calculado. Lembrando que, este edifício não haverá cálculo de L2, L3 e nem de L4 por não se tratar de um patrimônio histórico, não ser um local que presta serviços ao público e não ter perdas econômicas significativas.

3.2.5 Verificação de componentes de riscos

Essa etapa é definida como o valor provável da perda média anual (vida e bens) relacionado ao valor total da estrutura a ser protegida (animais, edificação, conteúdo e sistemas internos incluindo suas atividades em espécie).

Entende-se que esses riscos estão atrelados ao número médio anual de descargas atmosféricas no local da edificação, da probabilidade de danos e quantidade de perdas que já foram calculadas até esse ponto. Ao calcular os riscos, deve-se comparar com os valores

presentes na norma, para que eles não ultrapassem os valores toleráveis. Caso isso ocorra, deve-se adotar outros fatores de proteção para atender os requisitos mínimos (TERMOTÉCNICA, 2017). Vale lembrar que, de acordo com a NBR 5419/2015 parte II os riscos podem ser divididos em quatro fontes de danos (S1, S2, S3 e S4), sendo eles associados a três tipos de danos (D1, D2 e D3).

- **Risco de perda de vida humana em uma estrutura**

É sabido, que nesse caso abordado será considerado apenas o risco de perda humana, que é chamado de R_1 . Para calculá-lo, usou-se a seguinte Equação (10):

$$R_1 = R_A + R_B + R_U + R_V \quad (10)$$

Sendo:

R_A = Risco de choque devido a uma descarga atmosférica no edifício.

R_B = Risco de incêndio por uma descarga atmosférica

R_U = Risco de choque devido a uma descarga atmosférica em uma linha de energia.

R_V = Risco de incêndio por descarga atmosférica em uma linha de energia.

Entende-se que as variáveis necessárias para cálculo das equações (11), (12), (13) e (14) foram encontradas nos itens anteriores, portanto basta executar os cálculos para definição dos fatores R_A , R_B , R_U e R_V . Após a identificação dos riscos, pode-se encontrar o risco total (R_1).

Para R_A :

$$R_A = N_D \times P_A \times L_A \quad (11)$$

$$R_A = 0,000025$$

Para R_B :

$$R_B = N_D \times P_B \times L_B \quad (12)$$

$$R_B = 3,49 \times 10^{-7}$$

Para R_U :

$$R_U = N_L \times P_U \times L_U \quad (13)$$

$$R_U = 1,25 \times 10^{-8}$$

Para R_V :

$$\begin{aligned} R_V &= N_L \times P_V \times L_V \\ R_V &= 0 \end{aligned} \quad (14)$$

De acordo com a NBR 5419 parte II, a edificação em análise possui um risco tolerável (R_{1T}) de 1×10^{-5} . Agora para definir o risco total (R_1), aplica-se a fórmula abaixo (15):

$$\begin{aligned} R_1 &= R_A + R_B + R_U + R_V \\ R_1 &= 2,53 \times 10^{-5} \end{aligned} \quad (15)$$

Ao comparar os valores de R_{1T} e R_1 , percebe-se que R_1 é menor do que o risco tolerável, desta forma conclui-se que com a adoção do SPDA a edificação atende aos requisitos mínimos de segurança no que diz respeito aos riscos.

3.2.6 Classe do SPDA escolhida

Nesse momento, é feita a escolha de qual classe do SPDA deve ser adotada. De acordo com a NBR 5419/2015, existem 4 classes de SPDA: nível I, nível II, nível III e nível IV. Deve-se ressaltar, que quanto menor for a classe do sistema, maior será a estrutura do SPDA, ou seja, com uma captação mais robusta e maior quantidade de condutores. Foi definido que, a classe do SPDA seria nível IV e como com os cálculos dos riscos ela atendeu os requisitos, adotou-se essa mesma.

4. IMPLEMENTAÇÃO DO SPDA

Com a definição de sua classe, foi especificado todos os elementos necessários para promover um funcionamento eficiente do SPDA. Para o estabelecimento abordado, posto de combustível, definiu-se a instalação de um SPDA externo, com método de captação Franklin.

Na Figura 5 pode ser observado como ficou a instalação do sistema de captação.

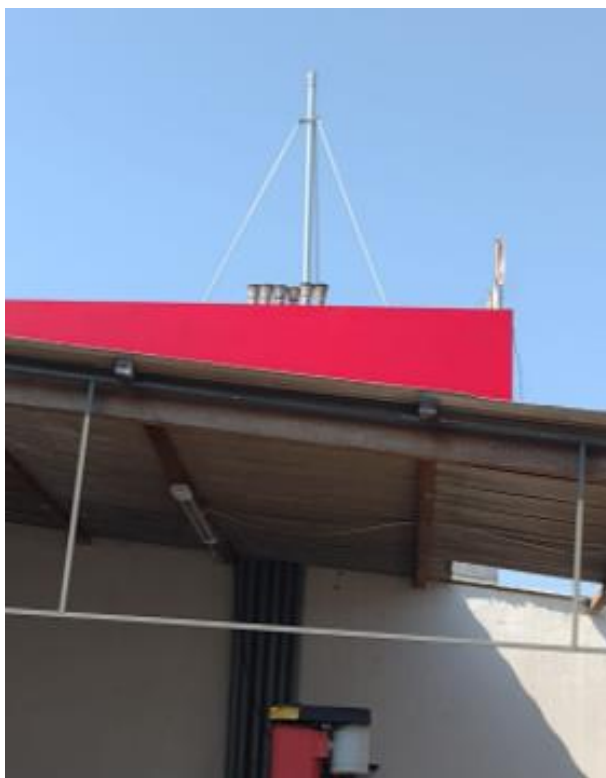


Figura 5 - Disposição dos captores de Franklin sobre a edificação
Fonte: Leandro Machado (2021)

Na Figura 6 encontram-se os detalhes do sistema de aterramento e equipotencialização do estabelecimento.

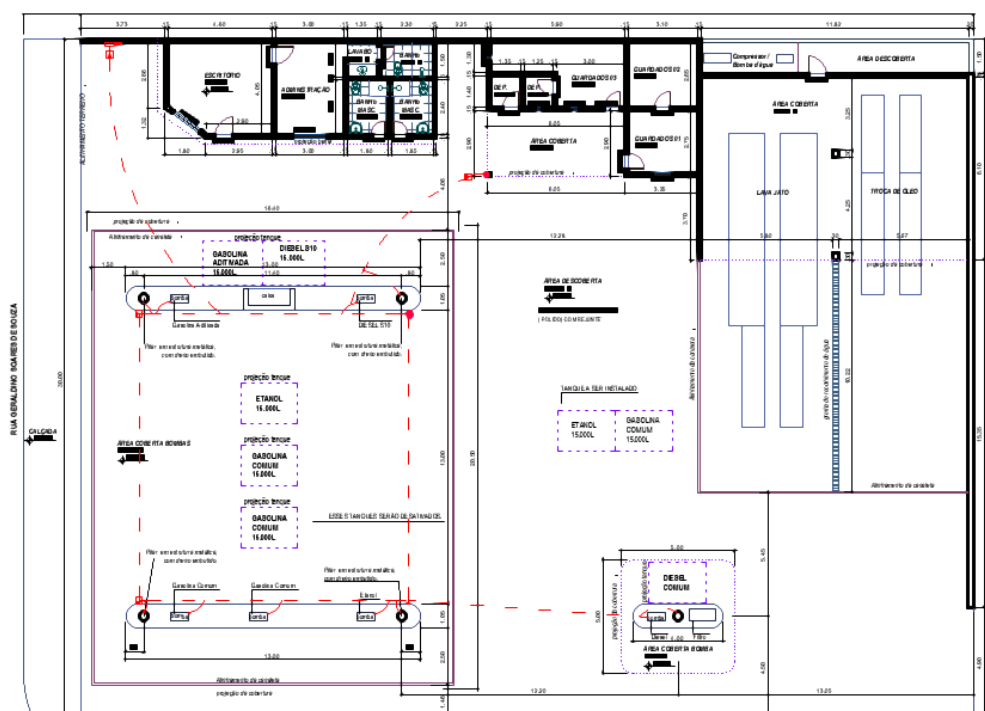


Figura 6 – Disposição do sistema SPDA da edificação.
Fonte: Elaboração própria (2021)

4.1. Sistema de descidas, aterramento e dificuldades encontradas

De acordo com avaliação de campo, análise das instalações e de risco foram necessárias algumas ações para adequação do sistema de SPDA do posto de combustível.

Foi feita a instalação de um sistema de Captação Franklin, descida dos cabos e instalação de uma caixa de inspeção. Logo após foi cravada uma haste na caixa de inspeção (descida) da captação e feita interligação à malha de aterramento existente.

Quanto aos quadros de distribuição, no quadro principal foram instalados três DPS's, onde a saída foi aterrada (instalada caixa de inspeção e hastes) e foi feita interligação da malha de aterramento já existente. Desta forma foi possível garantir a proteção contra surtos e a equipotencialização de todo sistema.

Algumas dificuldades foram encontradas ao longo da adequação, a primeira foi a falta do laudo de aterramento e do próprio SPDA. Sendo necessária a medição de continuidade para certificação de integridade dos cabos e medição da resistência de aterramento.

A maior dificuldade em termos de execução foi o corte do piso de concreto para a interligação dos cabos junto à malha de aterramento e instalação das caixas de inspeção.

4.2. Materiais utilizados

O custo dos materiais para adequação do posto foi de 780,00, os materiais estão listados abaixo, exceto os utilizados na alvenaria para interligação da malha de aterramento.

- 25 – Metros de cabo cobre nú 35 mm²;
- 1 – Mastro de 5 m x 2", PRT-347;
- 5 – Isoladores;
- 2 – Hastes cobradas de 5/8" x 2,40 m;
- 2 – Conectores para haste de aterramento;
- 1 – Eletroduto PVC preto 2";
- 2 – Caixas de inspeção
- 3 – DPS;
- 4 – Abraçadeiras copo 2";

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

De acordo com a o cálculo de avaliação de risco, o SPDA nível IV atende às necessidades de proteção da estrutura em questão, estando em conformidade com a NBR 5419/2015.

Preparado para fazer a interligação do SPDA, o captor de Franklin foi instalado na laje da edificação onde ele vai ser conectado. O sistema de descidas segue até a canaleta por onde irá passar o sistema de aterramento. Os cabos irão passar por baixo da canaleta de contenção de líquido, sendo interligados ao pilar do posto, sendo que haverá outro sistema de interligação do aterramento realizando a equipotencialização entre todas as bombas e sistemas de aterramento existentes. Para garantir a eficiência da equipotencialização, haverá um outro sistema de aterramento no pilar interligado ao sistema de entrada de energia, onde se encontrarão os 3 DPS's. Logo o sistema será protegido contra descargas atmosféricas e contra qualquer surto direto ou indireto que possa ocorrer na linha.

3. REFERÊNCIAS

ALVES, Andreia Priscila da Silva; MARQUES, Blake Charles Diniz. APLICAÇÃO DE METODOLOGIAS DE ANALISE DE RISCOS NOS POSTOS DE COMBUSTIVEIS COM GÁS NATURAL VEICULAR (GNV). **Revista de Ciência e Tecnologia**, Rio Grande do Norte, p. 1-11, 2018.

ALVES, Normando. **Porque o SPDA deve ser considerado um item de segurança**. 2016. Disponível em: <<https://tel.com.br/porque-um-spda-e-um-item-de-seguranca/>>. Acesso em: 23 ago. 2021

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

BRASIL. ELAT. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (org.). **ELAT divulga dados de mortes por raios dos últimos 15 anos no Brasil e informa previsão de raios para o verão de 2017**. Disponível em: <<http://www.inpe.br/webelat/homepage/menu/noticias/release.php?id=70>>. Acesso em: 15 ago. 2021.

BRASIL. ELAT. **O que são as Descargas Atmosféricas**. Disponível em: <<http://www.inpe.br/webelat/rindat/menu/desc.atm/#topo>>. Acesso em: 21 ago. 2021

GOOGLE, 2021. **Campos dos Goytacazes: Google Maps**. Disponível em: <<https://www.google.com/maps/>>. Acesso em 04 out. 2021

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS – INPE. **ELAT**. 2015. Disponível em: <<http://www.inpe.br/webelat/homepage/>>. Acesso em: 15 nov. 2021.

JACQUES, Luiz. **Sistema de Proteção por Gaiola de Faraday**. Disponível em: <<https://www.sabereletrica.com.br/protecao-por-gaiola-de-faraday/>>. Acesso em: 16 ago. 2021

KINDERMANN, Geraldo. **Descargas Atmosféricas**. 2. ed. Porto Alegre: Sagra Luzzatto, 1997. 283 p.

MAMEDE FILHO, João. **Instalações Elétricas Industriais**. 9. ed. São Paulo: LTC Editora Ltda., 2017. 964 p.

PINTO Jr., O; PINTO, I. R. C. A. **Tempestades e Relâmpagos no Brasil**. São José dos Campo, SP: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2000. 195 p

PORTAL O SETOR ELÉTRICO. **Inspeção de SPDA**. Disponível em: <<https://www.osetoreletrico.com.br/inspecao-no-spda>>. Acesso em: 18 ago. 2021.

SOUZA, Ingrid Fernandes Moraes. **Estudo da norma ABNT 5419/2015 com estudo de caso no antigo prédio do Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas**. 2011. 112 f. Monografia (Graduação em Engenharia Elétrica) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2011.

STÉFANI, Rodrigo. **Metodologia de projeto de sistema de proteção contra descargas atmosféricas para edifício residencial**. 2011. 54 f. Monografia (Graduação em Engenharia Elétrica) – Universidade de São Paulo, São Carlos, 2011.

TERMOTÉCNICA. **Gerenciamento de risco**. Disponível em: <<https://tel.com.br/>>. Acesso em: 18 ago. 2021.

VISACRO FILHO, Silvério. **Aterramento Elétrico**. 2. ed. São Paulo: Artliber Editora Ltda., 2002. 106 p.

VISACRO FILHO, Silvério. **Descargas Atmosféricas: uma abordagem de engenharia**. São Paulo: Artliber Editora Ltda., 2005. 268 p.

SANTOS, Luis Dartanhan de Oliveira; CRUZ, Antônia Ferreira dos Santos. APLICAÇÃO DA PROTEÇÃO CONTRA DESCARGAS ATMOSFÉRICAS COM ESTUDO DE CASO NUMA EDIFICAÇÃO COMERCIAL. **Unifacs**, Salvador, p. 117-142, 2018.