

TRABALHO DE GRADUAÇÃO

**SISTEMA DE ATERRAMENTO ELÉTRICO EM  
BASES DE DISTRIBUIÇÃO E POSTOS DE  
SERVIÇO  
SOB O ASPECTO DE SEGURANÇA E  
EQUIPOTENCIALIZAÇÃO**

**Samuel Silva Rocha Lima**

Brasília, julho 2018



**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA – UnB**  
**FACULDADE DE TECNOLOGIA**  
**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELÉTRICA**

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA  
Faculdade de Tecnologia  
Departamento de Engenharia Elétrica

**Samuel Silva Rocha Lima**

**SISTEMA DE ATERRAMENTO ELÉTRICO EM  
BASES DE DISTRIBUIÇÃO E POSTOS DE  
SERVIÇO  
SOB O ASPECTO DE SEGURANÇA E  
EQUIPOTENCIALIZAÇÃO**

Trabalho de Conclusão de Curso submetido ao  
Departamento de Engenharia Elétrica da Universidade  
de Brasília como requisito parcial para obtenção do  
Título de Engenheiro Eletricista

**Orientador: Professor Alcides Leandro da Silva, Dr.**

Brasília, Julho 2018

# FICHA CATALOGRÁFICA

**Brasília, Julho 2018**

LIMA, SAMUEL SILVA ROCHA

**Sistema de Aterramento Elétrico em Bases de Distribuição e Postos de Serviço sob o aspecto de Segurança e Equipotencialização.** [Distrito Federal] 2018.

xiii, 82p., 210 x 297 mm (ENE/FT/UnB, Engenheiro Eletricista, Engenharia Elétrica, 2018).

Trabalho de Graduação - Universidade de Brasília, Faculdade de Tecnologia.  
Departamento de Engenharia Elétrica

- |                                    |   |
|------------------------------------|---|
| 1. Sistema de Aterramento Elétrico | 2. Bases de distribuição de Postos de Serviço |
| 3. Equipotencialização             | 4. Segurança                                  |
| I. ENE/FT/UnB                      | II. Título (série)                            |

## REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

LIMA, Samuel Silva Rocha (2018). Sistema de Aterramento Elétrico em Bases de Distribuição e Postos de Serviço sob o aspecto de Segurança e Equipotencialização. [Distrito Federal] 2018. Trabalho de conclusão de curso, Departamento de Engenharia Elétrica, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 82p.

## CESSÃO DE DIREITOS

NOME DO AUTOR: Samuel Silva Rocha Lima. TÍTULO DA MONOGRAFIA: Sistema de Aterramento Elétrico em Bases de Distribuição e Postos de Serviço sob o aspecto de Segurança e Equipotencialização.

GRAU/ANO: Engenheiro eletricista/2018.

É concedida à Universidade de Brasília permissão para reproduzir cópias deste trabalho de conclusão de curso e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte deste Trabalho de conclusão de curso pode ser reproduzida sem a autorização por escrito do autor.

Samuel Silva Rocha Lima SQN 106 Bloco E apartamento 606, Asa Norte

---

70742-050 Asa Norte-Brasília, DF - Brasil

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA

Faculdade de Tecnologia

Departamento de Engenharia Elétrica

**SISTEMA DE ATERRAMENTO ELÉTRICO EM  
BASES DE DISTRIBUIÇÃO E POSTOS DE  
SERVIÇO SOB O ASPECTO DE SEGURANÇA E  
EQUIPOTENCIALIZAÇÃO**

**Samuel Silva Rocha Lima**

**Banca examinadora**

---

**Prof. Dr. Alcides Leandro da Silva, UnB/ENE**

Orientador

---

**Prof. Dr. Plínio Ricardo Ganime Alves, UnB/ENE**

Examinador interno

---

**Prof. Dr. Francisco Damasceno Freitas**

Examinador interno

# *DEDICATÓRIA*

Esse trabalho é dedicado à toda minha família e amigos que tiveram contribuição fundamental na minha perseverança e motivação para a conclusão deste trabalho.

# **AGRADECIMENTOS**

Ao meu orientador Prof. Dr. Alcides Leandro da Silva por toda atenção e ajuda prestada que foi de grande importância para a realização deste trabalho.

Aos meus familiares, em especial à Glêr de Fátima Silva e ao Pedro Silva Rocha Lima, por todo apoio e dedicação, obrigado por tudo.

Aos meus antigos colegas de estágio da Raízen Combustíveis, que colaboraram para o meu crescimento pessoal e profissional.

A todos meus colegas da engenharia que contribuíram na minha formação, seja por meio dos estudos ou até de trabalhos realizados em conjunto.

# RESUMO

Este trabalho apresenta requisitos fundamentais para garantir a segurança dos locais e dos trabalhadores em atmosferas explosivas, tendo como abordagem principal o aterramento e a equipotencialização que são tópicos de alta relevância na Engenharia Elétrica. A ignição em uma atmosfera que contenha vapores ou gases inflamáveis ocorrem normalmente por uma fonte de energia, esta podendo ser de origem do centelhamento dos equipamentos elétricos, no calor liberado por eles, na eletricidade estática ou em outra fonte de ignição com energia suficiente. Para que não ocorram explosões nestes ambientes, é necessário que a operação, instalação e a montagem da estrutura sejam feitas de tal forma que os equipamentos e a estrutura não se tornem uma fonte de ignição. Serão mostradas as características e definições do combustível, como é dada a sua logística de produção e venda no Brasil, mecanismos e meios de dimensionamento de aterramento, SPDA (Sistema de Proteção contra Descargas Atmosféricas) e equipotencialização da estrutura.

# ABSTRACT

This document presents fundamental requirements to guarantee the safety of the places and the workers in explosive atmospheres, having as main approach the grounding and equipotentialization, those topics have high relevance in Electrical Engineering. Ignition in an atmosphere containing flammable vapors or gases normally occurs by a source of energy, this may be the source of electrical equipment sparking, of the heat released by them, static electricity or other source of ignition with sufficient energy. In order to avoid explosions in these environments, it is necessary that the operation, installation and assembly of the structure are made in such a way that the equipment and the structure do not become a source of ignition. The technical features of the fuel, as is the case of transportation logistics and sales in Brazil, components and means of sizing of the ground, ADPS (Atmospheric Discharge Protection Systems) and equipotentialisation of the structure will be shown.

# SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO.....</b>	<b>13</b>
1.1    Motivação.....	14
1.2    Objetivo.....	14
1.3    Estruturação do Trabalho.....	14
<b>2. O COMBUSTÍVEL E SUAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS.....</b>	<b>16</b>
2.1    Definições e Características.....	16
2.2    Ficha de Segurança de Produtos Químicos (FISPQ) .....	17
2.3    Logística do Combustível no Brasil.....	18
2.4    Definições.....	19
<b>3. FONTES DE IGNIÇÃO E ELETRICIDADE ESTÁTICA.....</b>	<b>23</b>
3.1    Fonte de Ignição.....	23
3.2    Origem das Fontes de Ignição em Atmosferas Explosivas.....	24
3.3    Métodos de Controle.....	25
3.4    Eletricidade Estática.....	25
3.5    Processos de Eletrização.....	26
<b>4. ATERRAMENTO E ESQUEMAS BÁSICOS.....</b>	<b>27</b>
4.1    Definição.....	27
4.2    Tipos de Aterramento.....	25
4.2.1    Aterramento Funcional.....	27
4.2.2    Aterramento de Proteção.....	28
4.2.4    Aterramento de Trabalho.....	28
4.3    Eletrodos de Aterramento.....	28
4.4    Esquemas de Aterramento.....	31
<b>5. EQUIPOTENCIALIZAÇÃO.....</b>	<b>34</b>
5.1    Definição.....	34
5.2    Objetivo.....	34
5.3    Barramento de Equipotencialização Principal (B.E.P).....	36
5.4    Tanques de Armazenamento.....	37
5.5    Linhas de Tubulações.....	38
<b>6. SISTEMA DE PROTEÇÃO CONTRA DESCARGAS ATMOSFÉRICAS (SPDA).....</b>	<b>39</b>
6.1    Objetivo.....	39
6.2    Definição.....	39
6.3    Método Franklin.....	40
6.4    Método Gaiola de Faraday.....	42
6.5    Avaliação de Risco.....	45
6.6    Composição dos Componentes de Risco.....	48
6.7    Gerenciamento de Risco.....	50

6.7.1	Procedimento Básico.....	50
6.7.2	Avaliação da Necessidade de Proteção.....	50
6.8	Análise dos Componentes de Risco.....	51
<b>7.</b>	<b>TERMINAL DE DISTRIBUIÇÃO E PROCEDIMENTOS DE SEGURANÇA ELÉTRICA.....</b>	<b>52</b>
7.1	Infraestrutura.....	52
7.2	Responsabilidades.....	54
7.3	Equipamentos de Proteção Individual (EPI's).....	54
7.4	Considerações Gerais.....	54
7.5	Considerações sobre Eletricidade Estática.....	55
7.6	Carregamento de Caminhão-Tanque.....	57
7.6.1	Ingresso na plataforma de carregamento.....	57
7.6.2	Carregamento “Bottom Loading”.....	58
7.6.3	Carregamento “Top Loading”.....	59
7.6.4	Finalização da Operação de Carregamento.....	60
7.7	Recebimento por Caminhão-Tanque.....	61
7.7.1	Acesso ao Terminal.....	61
7.7.2	Conferência do Caminhão-Tanque.....	61
7.7.3	Sequência de Recebimento.....	61
7.7.4	Final da descarga.....	61
7.8	Recebimento por Vagão-Tanque.....	61
7.8.1	Considerações.....	62
7.8.2	Verificação Anterior ao Início da Descarga.....	64
7.8.3	Sequência de Recebimento.....	64
7.8.4	Acompanhamento da Descarga.....	65
7.8.5	Conclusão do Recebimento.....	65
7.9	Sistema de Aterramento e SPDA.....	65
7.10	Incidentes.....	71
<b>8.</b>	<b>POSTOS DE SERVIÇO.....</b>	<b>73</b>
8.1	Infraestrutura.....	73
8.2	Responsabilidades.....	73
8.3	Operação.....	74
8.3.1	Recebimento de Combustível.....	74
8.3.2	Abastecimento.....	75
8.3.3	Encerramento do Abastecimento.....	76
8.4	Sistema de Aterramento e SPDA.....	76
<b>9.</b>	<b>CONCLUSÃO.....</b>	<b>79</b>
9.1	Perspectivas e Trabalhos Futuros.....	79
<b>10.</b>	<b>BIBLIOGRAFIA.....</b>	<b>80</b>

# LISTA DE FIGURAS

FIGURA 2.1: Esquemático do Fluxo de Suprimentos.....	18
FIGURA 2.2: Demonstrativo das Zonas.....	20
FIGURA 2.3: Condulete à Prova de Explosão.....	21
FIGURA 2.4: Caixa de Ligação à Prova de Explosão.....	21
FIGURA 2.5: Eletroduto de Aço Galvanizado.....	21
FIGURA 2.6: Rádios de Comunicação intrinsecamente seguro para atmosferas explosivas.....	22
FIGURA 3.1: Triângulo de Fogo.....	23
FIGURA 3.2: Manifestação da Eletricidade Estática.....	25
FIGURA 3.3: Esquemático de eletrização por condução.....	26
FIGURA 3.4: Esquemático de eletrização por indução.....	26
FIGURA 4.1: Constituição de um aterramento.....	29
FIGURA 4.2: Esquema TN-S.....	32
FIGURA 4.3: Esquema TN-C.....	32
FIGURA 4.4: Esquema TN-C-S.....	33
FIGURA 4.5: Esquema TT.....	33
FIGURA 4.6: Esquema IT.....	33
FIGURA 5.1: Equipotencialização de tubulações metálicas.....	34
FIGURA 5.2: Centelhador de separação para juntas isolantes.....	35
FIGURA 5.3: Malha de Terra de Referência.....	35
FIGURA 6.1: Esquemático PDA ABNT NBR 5419.....	39
FIGURA 6.2: Para-raios tipo Franklin.....	40
FIGURA 6.3: Zona de proteção de para-raios Franklin.....	41
FIGURA 6.4: Altura pelo ângulo de proteção exigido.....	42
FIGURA 6.5: Proteção por Gaiola de Faraday.....	43
FIGURA 7.1: Imagem Aérea Terminal de Distribuição.....	52
FIGURA 7.2: Sistema de Carregamento Top Loading/Bottom Loading.....	53
FIGURA 7.3: Tampa de visita de compartimento.....	55

FIGURA 7.4: Aterramento de Autotanque.....	56
FIGURA 7.5: Carregamento do tipo “Bottom Loading”.....	59
FIGURA 7.6: Carregamento do tipo “Top Loading”.....	61
FIGURA 7.7: Aterramento da plataforma.....	63
FIGURA 7.8: Aterramento Braço.....	63
FIGURA 7.9: Bastão de Eliminação de Carga Estática.....	63
FIGURA 7.10: Garra de Aterramento.....	63
FIGURA 7.11: Sistema permissivo de aterramento.....	63
FIGURA 7.12: Aterramento do Desvio Ferroviário.....	65
FIGURA 7.13: Interligação da malha.....	65
FIGURA 7.14: Sistema de SPDA em ilha de carregamento.....	66
FIGURA 7.15: Sistema de SPDA em ilha de carregamento.....	67
FIGURA 7.16: Sistema de SPDA em ilha de carregamento.....	67
FIGURA 7.17: Detalhe 1.....	68
FIGURA 7.18: Detalhe 2.....	68
FIGURA 7.19: Detalhe 3.....	68
FIGURA 7.20: Detalhe 4.....	68
FIGURA 7.21: Detalhe 5.....	68
FIGURA 7.22: Detalhe 6.....	68
FIGURA 7.23: Detalhe 7.....	69
FIGURA 7.24: Detalhe 8.....	69
FIGURA 7.25: Tanque auto-aterado.....	69
FIGURA 7.26: Tanque autoprottegido com aterramento.....	70
FIGURA 7.27: Tanque com proteção externa não isolada.....	70
FIGURA 7.28 Tanque com proteção externa isolada.....	70
FIGURA 7.29: Combate às chamas do tanque.....	71
FIGURA 7.30: Bombeiros atuando no resfriamento do tanque.....	72
FIGURA 8.1: Posto de Serviço.....	73
FIGURA 8.2: Descarga de produto em posto de serviço.....	75
FIGURA 8.3: Classificação das áreas.....	76

# 1. INTRODUÇÃO

O uso do petróleo está presente na vida de boa parte da população mundial, seja diretamente ou indiretamente. O seu surgimento se deu de forma natural, ou seja, sem a necessidade de extração, ocorrência dada em determinadas regiões que atualmente estão localizadas no Oriente Médio [1]. Entre as aplicações podemos citar: fins medicinais, utilizado para colar ladrilhos e pedras, engraxar couros, lubrificação, insumo para a indústria têxtil e a mais conhecida que é a de seus derivados para o setor automobilístico. Em contrapartida, por ser muito explorado e consumido, pode trazer consequências negativas ou riscos para a qualidade de vida do homem moderno [1].

O processo de extração do petróleo depende diretamente da disposição e profundidade com a qual a matéria prima se encontra na superfície ou sob a água. Basicamente, o processo é definido por três etapas: prospecção, perfuração e extração. A primeira trata a respeito do estudo para se obter informações sobre o subsolo através da superfície, sem que haja necessidade de perfuração para a verificação. Confirmada a existência de bacias sedimentares, sondas de perfuração são utilizadas em solo enquanto no mar o processo ocorre por meio de plataformas marítimas que possuem torres de perfuração [2].

No Brasil, o meio de extração mais utilizado é feito através de plataformas marítimas, onde as bacias mais exploradas são: Solimões, Potiguar, Tucano, Recôncavo, Sergipe/Alagoas, Camamu, Almada, Jequitinhonha, Espírito Santo, Campos e Santos. Após a extração, o produto é transportado para o litoral brasileiro ou região que possua uma refinaria. Levando em consideração as impurezas presentes é necessário que o produto seja filtrado e tratado para posterior uso [3].

A etapa de Refino contém três procedimentos básicos: Destilação, Conversão e Tratamento. A primeira, define a separação de seus derivados através do aquecimento e resfriamento em diferentes níveis dentro de uma torre. A segunda, transforma frações pesadas e de menor em moléculas pequenas para um melhor aproveitamento. Por final, é realizado o tratamento com a retirada do enxofre para adequação das exigências do mercado.

Os combustíveis provenientes da Refinaria, como a Gasolina e o Diesel, são transportados para as Distribuidoras em todo o Brasil. As Distribuidoras têm o papel de realizar o controle de qualidade, adicionar subprodutos aos combustíveis, armazená-los e zelar pela logística operacional da região. O abastecimento dos postos de serviço é feito por intermédio

dos caminhões-tanque, estes são os responsáveis pelo carregamento dos combustíveis na base distribuição e descarga nos postos os quais o consumidor final abastece o seu veículo [2].

Mesmo sendo um processo rotineiro, boa parte das operações descritas acima trazem inúmeros riscos aos seres humanos, devido à característica de fácil combustão dos combustíveis através das fontes de ignição que possam estar presentes ou surgir nas instalações ou trânsito do produto. Dessa forma, verifica-se a importância de utilizarmos os conceitos de aterramento e equipotencialização em cada etapa de produção, armazenamento e transporte.

Cada combustível possui as suas respectivas características físicas e químicas, cujo conhecimento é de extrema importância para o estabelecimento de métodos de mitigação de riscos e prevenção de fatalidades.

## **1.1 Motivação**

O estudo de sistemas de aterramento e equipotencialização em ambientes com atmosfera explosiva tem um efeito bastante significativo quando analisamos as ameaças presentes no dia-a-dia de cada cidadão, especialmente nos momentos em que os veículos são abastecidos. Com base no que foi dito anteriormente, este trabalho tem como proposta definir e exemplificar os conceitos não conhecidos popularmente relativos à operação e cuidados que devemos ter quando estivermos expostos ao combustível.

## **1.2 Objetivo**

O trabalho consiste em analisar a infraestrutura e operação de cada instalação presente no caminho do combustível da etapa de refino até ao consumidor final, levando em consideração o aspecto de aterramento, equipotencialização e segurança conforme exigências das normas brasileiras. Demonstrar a logística de transporte e armazenamento de cada etapa, definir os conceitos-chave que são necessários para a compreensão do dimensionamento dos métodos de proteção que serão estabelecidos.

## **1.3 Estruturação do Trabalho**

No primeiro capítulo do trabalho será apresentado um pequeno resumo do contexto e motivações que levaram à realização do trabalho. No segundo capítulo serão expostas as características físico-químicas dos combustíveis assim como a exposição de seus riscos. Para o terceiro capítulo serão detalhados os conceitos de fonte de ignição e eletricidade estática, os responsáveis diretos pela maior quantidade de incidentes para as instalações estudadas. O

quarto capítulo traz a definição e a estratificação do conceito de aterramento, indicando os seus componentes e comportamento de proteção. No quinto capítulo, o conceito de equipotencialização é dado conforme exigência das normas brasileiras, enfatizando a sua importância em todas as instalações que possuam risco de explosão devido à exposição de vapores ou líquidos inflamáveis. Em seguida, no sexto capítulo, são apontados os modelos de implantação de um sistema de proteção de descargas atmosféricas, seus requisitos mínimos e riscos exigidos. No sétimo capítulo, serão exibidos os procedimentos adotados nas bases de distribuição sob o aspecto de segurança e equipotencialização das estruturas que a pertencem. Por último, veremos no último capítulo como são realizados os sistemas de aterramento e equipotencialização nos postos de serviço, além de verificar as atividades rotineiras dos funcionários sob o aspecto de segurança.

## 2. O COMBUSTÍVEL E SUAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS

A combustão é o fenômeno que é caracterizado como uma reação com o oxigênio que libera energia em forma de calor, chamas e gases [4]. Já os combustíveis podem ser classificados em dois tipos: fóssil ou não fóssil. Neste trabalho serão expostos ambos. Alguns exemplos dos fósseis são: Gasolina, Óleo Diesel, Querosene e Gás natural. Os não fósseis são obtidos de fontes naturais que se renovam e não se esgotam, como o Etanol, Metanol e Biodiesel [5].

### 2.1 Definições e características

- Limites de Explosividade: Para que um vapor inflamável entre em combustão é necessário que exista uma combinação entre uma fonte de ignição, uma mistura “ideal” no ar atmosférico e o próprio gás combustível. A quantidade de vapor necessária para a queima é parametrizada em dois limites: Limite Inferior de Explosividade (LIE) e o Limite Superior de Explosividade (LSE). Concentrações abaixo do “LIE” não são combustíveis pois a quantidade de oxigênio é elevada em relação à presença do vapor, também chamada de “mistura pobre”. Concentrações acima do “LSE” também não são consideradas combustíveis pois a quantidade de oxigênio é extremamente baixa em relação à do vapor, também chamada de “mistura rica”. Para a mistura ser ideal é necessário que a concentração esteja entre os valores de cada parâmetro. O “explosímetro” é o equipamento utilizado para verificar tais concentrações. [6]

**Tabela 2.1 – Limites de Explosividade**

Tipo de Composto	LIE (%)	LSE(%)
Gás Natural	5,6	15,0
Metano	5,0	15,0
Óleo Diesel	1,3	6,0
Gasolina	1,4	7,6
Álcool Etílico	3,3	19,0
Butano	1,5	8,5
Acetona	2,6	12,8
Amônia	16,0	25,0
Monóxido de Carbono	12,5	74,0
Hidrogênio	4,0	75,0

- Ponto de Ignição: Temperatura mínima necessária para a combustão. [6]
- Ponto de Fulgor: Menor temperatura na qual o composto começa a evaporar em uma quantidade suficiente para formar uma mistura inflamável com o ar caso entre em contato com uma fonte de ignição. [6]

**Tabela 2.2 – Ponto de Fulgor dos Combustíveis**

Combustível	Ponto de Fulgor (°C)	Auto-ignição (°C)
Etanol (70%)	16,6	363,0
Gasolina	-42,8	246,0
Diesel	>62	210,0
Querosene de Aviação	>60	210,0
Óleo Vegetal	327,0	-
Biodiesel	>130	-

- Ponto de Combustão: Menor temperatura na qual o composto começa a evaporar em uma quantidade suficiente para ser inflamado por uma fonte externa de calor e continuar queimando mesmo que a fonte de calor seja retirada. [6]
- Volatilidade: É o grau de facilidade com o qual as substâncias têm facilidade de passar do estado líquido para o gasoso. Quanto mais volátil for o combustível, maior será a sua perda.

## 2.2 Ficha de Segurança de Produtos Químicos (FISPQ)

A FISPQ é um documento normalizado pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) conforme NBR14725-4. Elaborado com o intuito normatizar os riscos dos produtos químicos, estabelecer medidas de proteção e cuidados que devem ser adotados no seu manuseio ou transporte. Exemplifica as ações que devem ser tomadas quando algum indivíduo entra em contato com o produto, para o nosso caso o produto será o combustível. Este contato pode ser por inalação, via oral, através dos olhos ou pele. Todo combustível comercializado deve possuir a sua própria FISPQ. Nela devem conter a identificação do produto e da empresa, composição e informação sobre os ingredientes, medidas de primeiros-socorros, medidas de combate a incêndio, medidas de controle para derramamento ou vazamento, manuseio e armazenamento, controle de exposição e proteção individual, propriedades físicas e químicas, estabilidade e reatividade, informações toxicológicas, informações ecológicas, considerações sobre

tratamento e disposição, informações sobre o transporte, regulamentações e outras informações.[7]

### 2.3 Logística do Combustível no Brasil

A matéria prima dos principais combustíveis de hoje como a Gasolina e o Diesel é o petróleo, além da cana-de-açúcar que é matéria prima do Etanol. O petróleo é um combustível fóssil retirado de rochas subterrâneas, principalmente abaixo do nível do mar. No Brasil ele é extraído pela PETROBRAS. Tanto o petróleo como a cana precisam passar por um processo de refino para se tornarem combustíveis e a partir disso são armazenados pelas produtoras que são chamadas Bases de Armazenamento Primárias ou Terminais Primários.

O processo de distribuição se inicia com a compra do combustível da PETROBRAS e das usinas, depois da compra confirmada os combustíveis são transportados através dos modais rodoviários, duto viários e ferroviários para os tanques das Bases Secundárias ou dos Terminais, onde se encontra o estoque dos produtos da empresa. Feito isso, a equipe comercial inicia as vendas aos clientes. Assim que a venda se concretiza o caminhão-tanque faz o carregamento do combustível novamente, mas para realizar desta vez a logística de entrega. Chegando ao posto, o motorista realiza a descarga do combustível no tanque. Assim o consumidor final pode abastecer o seu automóvel, finalizando o ciclo do processo.

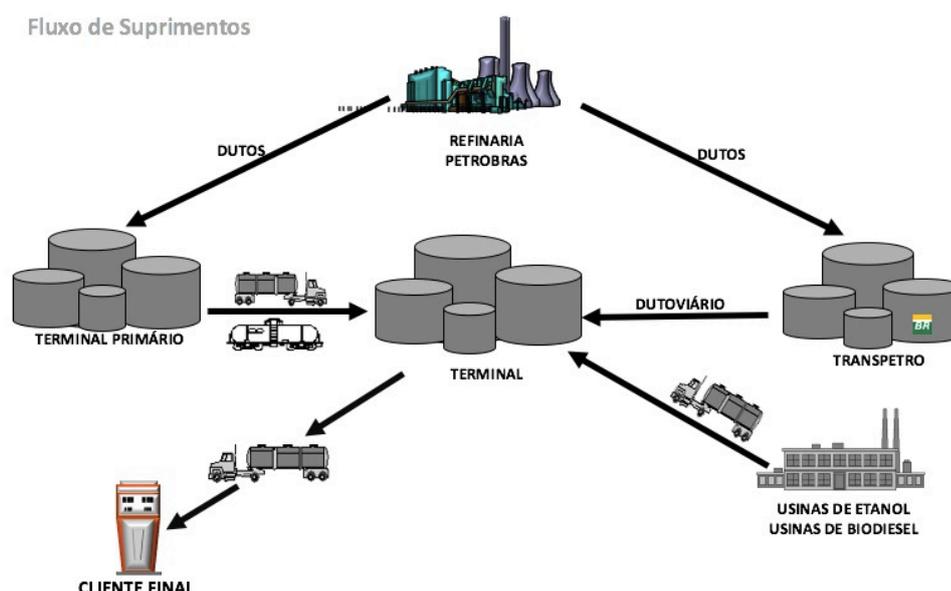


Figura 2.1 – Esquemático do Fluxo de Suprimentos

## 2.4 Definições

Conforme Norma da ABNT NBR 14639 são dadas as seguintes definições:

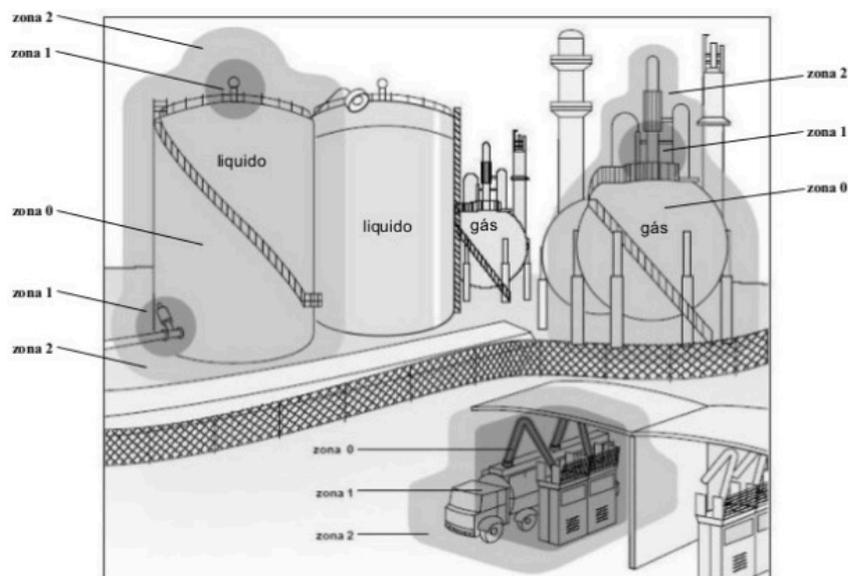
- **Área classificada** (devido à atmosfera explosiva de gás): Área na qual uma atmosfera explosiva de gás está presente ou na qual é provável sua ocorrência a ponto de exigir precauções especiais para construção, instalação e utilização de equipamentos elétricos. [10].
- **Área não classificada** (devido à atmosfera explosiva de gás): Área na qual não é provável sua ocorrência a ponto de exigir precauções especiais para construção, instalação e utilização de equipamentos elétricos.
- **Atmosfera explosiva**: Mistura com ar, sob condições atmosféricas, de substâncias inflamáveis na forma de gás, vapor, névoa e substâncias combustíveis, na qual, após a ignição, a combustão se propaga através da mistura não consumida.
- **Líquidos inflamáveis**: Líquidos que possuem ponto de fulgor inferior a 37,8°C e pressão de vapor menor ou igual a 275,6 kPa (2 068,6 mm Hg), denominados classe I; são subdivididos em:
  - a) Classe IA: líquidos com ponto de fulgor inferior a 22,8°C e ponto de ebulição inferior a 37,8°C.
  - b) Classe IB: líquidos com ponto de fulgor inferior a 22,8°C e ponto de ebulição igual ou superior a 37,8°C.
  - c) Classe IC: líquidos com ponto de fulgor igual ou superior a 22,8°C e menor que 37,8°C
- **Líquidos combustíveis**: Líquidos que possuem ponto de fulgor igual ou superior a 37,8°C são subdivididos em:
  - a) classe II: líquidos com ponto de fulgor igual ou superior a 37,8°C e inferior a 60°C;
  - b) classe IIIA: líquidos com ponto de fulgor igual ou superior a 60°C e inferior a 93°C;
  - c) classe IIIB: líquidos com ponto de fulgor igual ou superior a 93°C.

▪ **Zonas da área Classificada:**

Zona 0: Área na qual uma atmosfera explosiva de gás está presente continuamente ou por longos períodos.

Zona 1: Área na qual uma atmosfera explosiva de gás tem probabilidade de ocorrer em operação normal.

Zona 2: Área na qual uma atmosfera explosiva de gás não é provável de ocorrer em operação normal, porém, se ocorrer, será por um período curto.



**Figura 2.2 – Demonstrativo das Zonas**

Zona 20: Local em que uma atmosfera explosiva, na forma de nuvem de pó combustível no ar, está continuamente presente, ou presente por longos períodos ou frequentemente.

Zona 21: Local em que uma atmosfera explosiva, na forma de uma nuvem de pó combustível no ar, é ocasionalmente provável de acontecer em condições normais de operação.

Zona 22: Local em que uma atmosfera explosiva, na forma de nuvem de pó combustível no ar, não é provável em condições normais de operação, mas, se acontecer, durará por um período curto.

- **Caixa de passagem:** Invólucro que contenha apenas terminais, junções de cabos e/ou derivações.



Figura 2.3 – Condulete à Prova de Explosão



Figura 2.4 – Caixa de Ligação à Prova de Explosão

- **Eletroduto:** Elemento de linha elétrica destinado a conter condutores elétricos (NBR IEC 60050 (826)). Tem a função de proteger cabos e condutores que passam em seu interior, no caso de choques mecânicos ou até mesmo proteger o meio em caso de explosões ou incêndios [8]. Para as áreas classificadas o eletroduto deve ser de aço galvanizado, com costura, com rebarba aparada, com rosca NPT ou com rosca BSP (conforme a NBR 5597 ou NBR 5598, respectivamente) e conexões com rosca NPT ou BSP (conforme a NBR 6925 ou NBR 6943, respectivamente).



Figura 2.5 – Eletroduto de aço galvanizado

- **Equipamento elétrico de segurança aumentada – tipo proteção “e” (para equipamento elétrico para atmosferas explosivas de gás) :** Equipamento elétrico que, sob condições normais de operação, não produz arcos, faíscas, ou aquecimento suficiente para causar ignição da atmosfera explosiva para a qual ele foi projetado, e no qual são tomadas medidas adicionais durante a construção, de modo a evitar, com maior segurança, que tais fenômenos ocorram em condições normais de operação e de sobrecargas previstas (NBR 8370).

- **Equipamento elétrico intrinsecamente seguro:** Equipamento elétrico no qual todos os circuitos são intrinsecamente seguros tipo de proteção “i” (NBR 8370). Desenvolvidos com o intuito de não serem capazes de liberar energia suficiente, através de meios térmicos ou elétricos, para causar ignição em materiais inflamáveis [9]. O rádio de comunicação é utilizado diariamente na operação dos Terminais de Distribuição, este equipamento possui algumas características de segurança como blindagem dupla, funcionamento do circuito interno com baixo potencial de energia e mecanismos para evitar fontes de ignição e calor. [10]



**Figura 2.6 – Rádios de Comunicação intrinsecamente seguro para atmosferas explosivas**

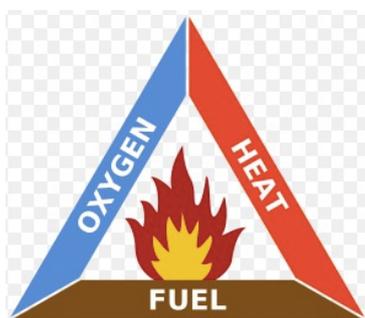
Os rádios intrinsecamente seguros são desenvolvidos para assegurar uma comunicação adequada e eficiente em locais classificados com atmosfera explosiva. Possuem como principal característica a capacidade de eliminar qualquer possibilidade de descargas elétricas e faíscas, sendo muito utilizado pelos operadores em terminais de distribuição e refinarias. Possuem blindagem dupla, funcionamento do circuito interno através de baixos potenciais de energia, além de mecanismos para evitar fontes de ignição e calor. [9]

## 3. FONTES DE IGNIÇÃO E ELETRICIDADE ESTÁTICA

### 3.1 Fonte de Ignição

São dispositivos ou meios capazes de gerar calor ou centelhas que possuem temperatura suficiente para iniciar a combustão. Uma fonte de ignição pode ter origem não somente nos equipamentos elétricos, mas também em vários lugares diferentes. Usualmente surge a partir do centelhamento e do calor gerado pelos equipamentos, nas descargas atmosféricas, a partir da energia estática e atrito. [10,11]. Pouca energia é necessária para causar a ignição de uma atmosfera explosiva. Para que ocorra a combustão, são necessários 3 elementos que compõem o triângulo de fogo, sendo eles:

- I. Presença de gás inflamável e na quantidade suficiente.
- II. Presença de oxigênio na quantidade suficiente.
- III. Presença de uma fonte de ignição



**Figura 3.1 – Triângulo de Fogo**

Podem ser de origem Elétrica, Eletrônica, Mecânica ou Eletrostática. A seguir alguns exemplos:

- Origem Elétrica : Tomadas, Contatores, Botões e Painéis.
- Origem Eletrônica: Sensores e Transmissores.
- Origem Mecânica: Esteiras, Elevadores e Separadores.
- Origem Eletrostática: Fricção, rolamento ou transporte e transferência de líquidos inflamáveis.

Dessa forma, devemos evitar em qualquer hipótese o surgimento da ignição de vapores em ambientes onde existe a manipulação, transporte e armazenamento de combustível.

### 3.2 Origem das fontes de ignição em atmosferas explosivas

Tabela 3.1 – Ponto de Fulgor dos Combustíveis

<b>Fonte de Ignição</b>	<b>Descrição</b>
<b>Correntes elétricas de fuga, proteção contra corrosão catódica</b>	<p>As correntes de fuga podem fluir em sistemas condutores elétricos ou em partes de sistema como:</p> <p>Corrente de retorno em sistema de geradores de energia;</p> <p>Resultado de um curto-circuito ou de um curto-circuito à terra devido a falhas nas instalações elétricas, entre outras situações.</p>
<b>Descarga Atmosférica</b>	<p>Todo cuidado deve ser tomado para evitar que descargas atmosféricas possam incendiar uma atmosfera explosiva. Se um raio entrar numa área com atmosfera explosiva a ignição da atmosfera vai sempre ocorrer. Por outro lado os trovões podem causar elevadas tensões induzidas em equipamentos, sistemas de proteção e componentes.</p>
<b>Eletricidade Estática</b>	<p>Eletricidade Estática pode ocorrer em muitos locais e situações diferentes, os responsáveis nessas áreas devem conhecer toda e qualquer possibilidade de formação de eletricidade estática para evitar o risco de explosão.</p>
<b>Faixa de Origem Mecânica</b>	<p>Qualquer tipo de faísca mecânica deve ser evitado em atmosferas explosivas, faíscas mecânicas podem ter origem em muitos locais e situações diferentes. Processos que envolvem impactos ou abrasão podem gerar partículas quentes e se essas partículas tiverem origem de substâncias oxidáveis como ferro e aço elas podem sofrer um processo de oxidação atingindo temperaturas muito altas que podem incendiar uma atmosfera explosiva.</p>

### 3.3 Métodos de Controle

Os profissionais que trabalham em áreas classificadas devem sempre procurar métodos e mecanismos de eliminar ou reduzir os riscos a níveis aceitáveis. A instalação de equipamentos adequados (a prova de explosão) e que possuam certificação, atuando na prevenção de formação de atmosferas explosivas e na pior hipótese possível onde ocorra uma explosão, limitar os efeitos da mesma em um nível aceitável. [12]. Abaixo é possível verificar alguns dos métodos:

- I. Aterramento da instalação, dos equipamentos utilizados na operação e das máquinas.
- II. Uso de recipientes metálicos, devido à capacidade condução elétrica.
- III. Ventilação adequada do local, principalmente nas ilhas de carregamento ou descarga de combustível.
- IV. Sempre que possível, evitar o uso de aparelhos eletrônicos que não possuam certificação e proteção adequada.
- V. Isolamento correto dos ambientes ou tanques que possuam combustível ou vapores.

### 3.4 Eletricidade Estática

Podendo se manifestar em qualquer material, a eletricidade estática é o fenômeno de acúmulo de cargas elétricas [13]. Todos os objetos, inclusive os combustíveis são compostos de átomos, estes são compostos por prótons, elétrons e nêutrons. Os elétrons são carregados negativamente, os prótons são carregados positivamente enquanto os nêutrons são considerados neutros. Enquanto as cargas iguais se repelem e as opostas se atraem, depura-se que um objeto é considerado neutro quando as suas cargas positivas e negativas estão em equilíbrio.

Quando existe um desequilíbrio entre cargas positivas e negativas, o fenômeno da eletricidade estática ocorre. As cargas se acumulam na superfície do corpo até encontrarem uma forma de serem liberadas ou descarregadas, popularmente conhecido como “choque” [14].

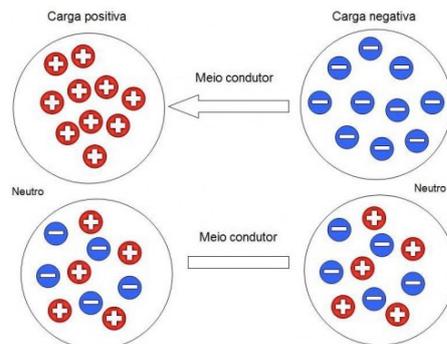


Figura 3.2 – Manifestação da Eletricidade Estática

### 3.5 Processos de Eletrização

Quando um corpo está com suas cargas desequilibradas, podemos dizer que o mesmo se encontra “carregado”. Sabendo disto, verificam-se três formas de causar tal desequilíbrio ou “eletrizar” algum objeto. São elas:

- I. Atrito: Quando dois ou mais corpos que se encontram inicialmente no estado neutro interagem pela rugosidade de sua superfície um deles ficará carregado positivamente (cedeu elétrons) e o outro negativamente (recebeu elétrons). O atrito pode ser estático, quando não há deslizamento dos corpos ou ele pode ser dinâmico, atua quando há deslizamento dos corpos [15,16].
- II. Condução: Para que exista essa forma de eletrização, é necessário que apenas um corpo A esteja no desequilíbrio de suas cargas. Neste caso, ao entrar em contato com um corpo B, que se encontra no estado neutro, as cargas serão redistribuídas nos dois condutores [15,16].

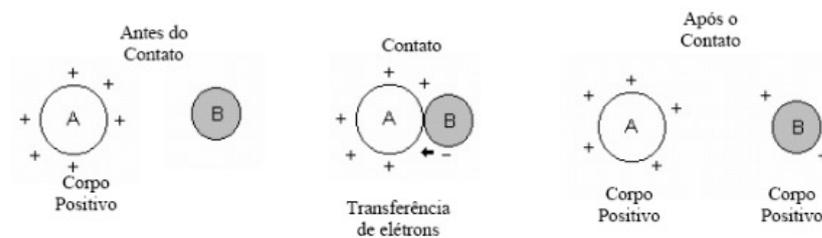


Figura 3.3 – Esquemático de eletrização por condução

- III. Indução: Quando um corpo inicialmente eletrizado é colocado próximo a um corpo neutro sem que haja contato entre eles, ocorre a indução eletrostática onde as cargas elétricas do corpo neutro são separadas [15,16]. O que ocorre então é rearranjo no posicionamento das cargas, conforme a figura abaixo:

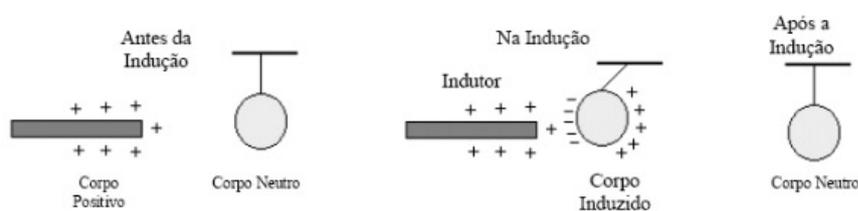


Figura 3.4 – Esquemático de eletrização por indução

A eletricidade estática é gerada também quando líquidos fluem através de tubulações, válvulas e outros equipamentos [17]. A continuidade elétrica e o aterramento adequado asseguram que a eletricidade estática não se acumule e cause uma centelha.

## 4. ATERRAMENTO E ESQUEMAS BÁSICOS

### 4.1 Definição

Denomina-se *aterramento* a ligação intencional de um sistema elétrico com a terra, seja por meio de condutor elétrico, seja por meio de uma resistência ou impedância inserida no caminho da corrente. O conector que possui valor igual a “0 Volt” é responsável por eliminar as cargas residuais dos componentes conectados a ele, pois toda a carga eletrostática conectada ao sistema é descarregada na terra. Normalmente este acúmulo é oriundo do atrito entre dois corpos, muitas vezes não traz nenhum perigo ou risco para as pessoas, mas em ambientes que contenham uma “mistura ideal” entre a concentração de vapores inflamáveis e oxigênio, pode vir a tornar-se fatal.

Alguns fatores como resistividade do solo, teor de umidade, temperatura, compactação e pressão, composição química dos sais dissolvidos são de interesse e devem ser levados em consideração pelo projetista do sistema de aterramento [18,19]. A resistência de aterramento deve ser a menor possível para as correntes de falta à terra, os potenciais produzidos pelas correntes de falta devem ser mantidos em níveis de segurança para que não haja fibrilação, no caso de descargas atmosféricas deve-se proporcionar um caminho de fácil escoamento.

### 4.2 Tipos de Aterramento

O sistema de aterramento é constituído de uma ligação intencional do sistema elétrico com a terra, seja por meio de um condutor elétrico, uma resistência ou impedância [19,20]. Podem variar conforme a instalação e devem garantir a melhor ligação possível. Existem três tipos de aterramento, descritos abaixo:

**4.2.1 Aterramento Funcional:** Ligação de um dos condutores do sistema à terra, na maioria das vezes o neutro, com a intenção de garantir mais confiabilidade e segurança na instalação elétrica. Assegura uma melhor estabilidade da tensão de instalação em relação à terra durante o seu funcionamento e limita as sobretensões que surgem devido a manobras, descargas e contatos acidentais com fases de tensões mais elevadas. [21,22]. Pode ser classificado em:

- Diretamente aterrado;
- Aterrado por impedância;
- Não aterrado ou isolado;

**4.2.2 Aterramento de Proteção:** Ligação de todos os equipamentos, condutores e/ou estruturas metálicas que não pertencem à instalação elétrica, à terra por meio de um condutor de proteção. Tem o objetivo de proteger os usuários de choques elétricos por contato indireto. O condutor de proteção usado para este fim é denominado de PE (Protection to Earth), ou também chamado de *Proteção Equipotencial*. Este tipo de aterramento faz com que as correntes de curto-circuito tenham um caminho de baixa impedância para a terra. [21,22]

**4.2.3 Aterramento de Trabalho:** Ligação provisória do sistema elétrico para a terra com função de providenciar segurança para determinada atividade de manutenção. [22]

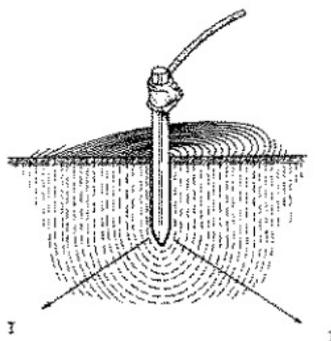
### 4.3 Eletrodos de Aterramento

Toda edificação deve dispor de uma infraestrutura de aterramento, denominada “eletrodo de aterramento”, sendo admitidas as seguintes opções:

- a) Preferencialmente, uso das próprias armaduras do concreto das fundações; Nos casos em que a infraestrutura de aterramento da edificação for constituída pelas próprias armaduras embutidas no concreto das fundações (armaduras de aço das estacas, dos blocos de fundação e vigas baldrames), pode-se considerar que as interligações naturalmente existentes entre estes elementos são suficientes para se obter um eletrodo de aterramento com características elétricas adequadas, sendo dispensável qualquer medida suplementar. [21]
- b) Uso de fitas, barras ou cabos metálicos, especialmente previstos, imersos no concreto das fundações. Nas fundações de alvenaria, a infraestrutura de aterramento pode ser constituída por fita, barra ou cabo de aço galvanizado imerso no concreto das fundações, formando um anel em todo o perímetro da edificação. A fita, barra ou cabo deve ser envolvido por uma camada de concreto de no mínimo 5 cm de espessura, a uma profundidade de no mínimo 0,5 m. As seções mínimas da fita, barra ou cabo são aquelas indicadas na tabela 4.1.
- c) Uso de malhas metálicas enterradas, no nível das fundações, cobrindo a área da edificação e complementadas, quando necessário, por hastes verticais e/ou cabos dispostos radialmente (“pés-de-galinha”);

- d) No mínimo, uso de anel metálico enterrado, circundando o perímetro da edificação e complementado, quando necessário, por hastes verticais e/ou cabos dispostos radialmente (“pés-de-galinha”).

Outras soluções de aterramento são admitidas em instalações temporárias; em instalações em áreas descobertas, como em pátios e jardins; em locais de acampamento, marinas e instalações análogas; e na reforma de instalações de edificações existentes, quando a adoção de qualquer das opções citadas acima for impraticável [22].



**Figura 4.1 – Constituição de um aterramento**

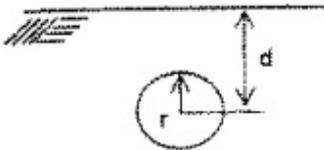
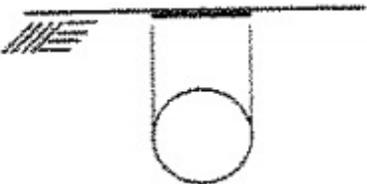
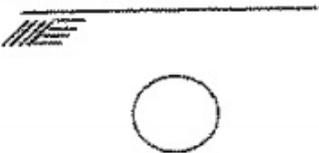
O valor da resistência de aterramento pode ser quantificado pela relação entre a tensão aplicada a um aterramento e a corrente resultante (neste caso, entende-se por tensão o potencial adquirido pelo aterramento referido ao infinito):

$$Rt = \frac{Vt}{I} \quad (1)$$

A seguir serão mostradas as expressões para cálculo da resistência de aterramento de algumas configurações típicas de aterramento. Sabendo que  $\rho$  é a resistividade do solo, temos:

**Tabela 4.1 – Ponto de Fulgor dos Combustíveis**

Eletrodo	Tipo/Expressão
	<p>Haste Vertical</p> $Rt = \frac{\rho}{2\pi L} \left( Ln \frac{4L}{a} - 1 \right)$
Eletrodo	Tipo/Expressão

	<p>Eletrodo Horizontal</p> $Rt = \frac{\rho}{2\pi L} \left( Ln \frac{2L}{a} + Ln \frac{4L}{d} - 2 + 2 \frac{d}{L} + \dots \right)$
	<p>Semiesfera ao nível do solo</p> $Rt = \frac{\rho}{2\pi r}$
	<p>Esfera colocada à profundidade “d”</p> $Rt = \frac{\rho}{4\pi} \left( \frac{1}{r} + \frac{1}{2d} \right)$
	<p>Disco horizontal ao nível do solo</p> $Rt = \frac{\rho}{4r}$
	<p>Disco vertical à profundidade “d”</p> $Rt = \frac{\rho}{8r} + \frac{\rho}{8\pi d} \left( 1 + \frac{7}{24} + \frac{r^2}{4d^2} + \dots \right)$
	<p>Disco horizontal à profundidade “d”</p> $Rt = \frac{\rho}{8r} + \frac{\rho}{8\pi d}$
	<p>Superfície quadrada vertical Mesma resistência que a de um disco de mesma área, com mesma profundidade.</p>

As configurações e dimensões mínimas dos condutores do subsistema de aterramento são dadas na tabela 4.2 conforme ABNT NBR 5419-3:2015

**Tabela 4.2 – Material, configuração e dimensões mínimas de eletrodo de aterramento**

Material	Configuração	Dimensões mínimas <sup>f</sup>		Comentários <sup>f</sup>
		Eletrodo cravado (Diâmetro)	Eletrodo não cravado	
Cobre	Encordoado <sup>c</sup>	–	50 mm <sup>2</sup>	Diâmetro de cada fio cordoalha 3 mm
	Arredondado maciço <sup>c</sup>	–	50 mm <sup>2</sup>	Diâmetro 8 mm
	Fita maciça <sup>c</sup>	–	50 mm <sup>2</sup>	Espessura 2 mm
	Arredondado maciço	15 mm	–	
	Tubo	20 mm	–	Espessura da parede 2 mm
Aço galvanizado à quente	Arredondado maciço <sup>a, b</sup>	16 mm	Diâmetro 10 mm	–
	Tubo <sup>a, b</sup>	25 mm	–	Espessura da parede 2 mm
	Fita maciça <sup>a</sup>	–	90 mm <sup>2</sup>	Espessura 3 mm
	Encordoado	–	70 mm <sup>2</sup>	–
Aço cobreado	Arredondado Maciço <sup>d</sup>	12,7 mm	70 mm <sup>2</sup>	Diâmetro de cada fio da cordoalha 3,45 mm
	Encordoado <sup>g</sup>			
Aço inoxidável <sup>e</sup>	Arredondado maciço	15 mm	Diâmetro 10 mm	Espessura mínima 2 mm
	Fita maciça		100 mm <sup>2</sup>	

<sup>a</sup> O recobrimento a quente (fogo) deve ser conforme a ABNT NBR 6323 [1].

<sup>b</sup> Aplicável somente a mini captotes. Para aplicações onde esforços mecânicos, por exemplo: força do vento, não forem críticos, é permitida a utilização de elementos com diâmetro mínimo de 10 mm e comprimento máximo de 1 m.

<sup>c</sup> Composição mínima AISI 304 ou composto por: cromo 16 %, níquel 8 %, carbono 0,07 %.

<sup>d</sup> Espessura, comprimento e diâmetro indicados na tabela refere-se aos valores mínimos sendo admitida uma tolerância de 5 %, exceto para o diâmetro dos fios das cordoalhas cuja tolerância é de 2 %.

<sup>e</sup> Sempre que os condutores desta tabela estiverem em contato direto com o solo devem atender as prescrições desta tabela .

<sup>f</sup> A cordoalha cobreada deve ter uma condutividade mínima de 30 % IACS (*International Annealed Copper Standard*).

<sup>g</sup> Esta tabela não se aplica aos materiais utilizados como elementos naturais de um SPDA.

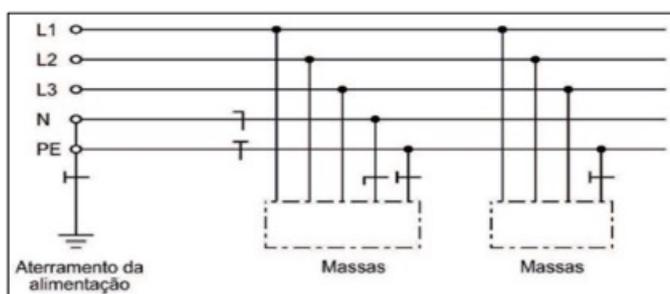
#### 4.4 Esquemas de Aterramento

São classificados conforme o modo de aterramento das *massas* e da *alimentação*, seus nomes são simplificados através de duas letras principais e outras auxiliares. [21,22]

- **Primeira Letra:** Condição de aterramento da alimentação:
  - T: corresponde a um ponto diretamente aterrado (geralmente o neutro).
  - I: corresponde a nenhum ponto aterrado ou aterramento por impedância.
- **Segunda Letra:** Condição de aterramento das massas
  - T: massas diretamente aterradas independentemente do aterramento da alimentação.
  - N: massas ligadas diretamente ao ponto de alimentação aterrado (geralmente o neutro).

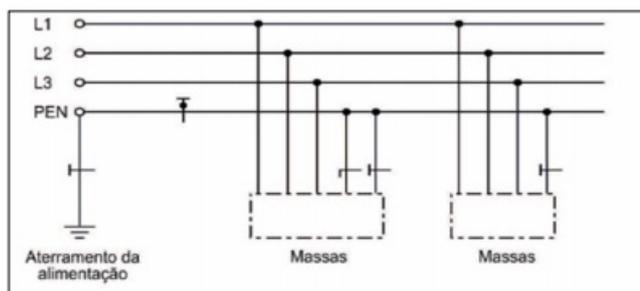
❖ **Esquema TN:** Possui um ponto da alimentação diretamente aterrado, geralmente o neutro do secundário do transformador, com os elementos da instalação estando ligados a esse ponto por condutores de proteção. No caso de locais onde o risco de incêndio e de explosões for grande, como bases e postos de combustíveis que possuam depósito de materiais inflamáveis, **não** deve ser utilizado o esquema TN devido ao alto valor das correntes de falta (curto-circuito). Pode ser realizado de três formas:

- **Esquema TN-S:** Condutores neutro e proteção (PE) são separados:



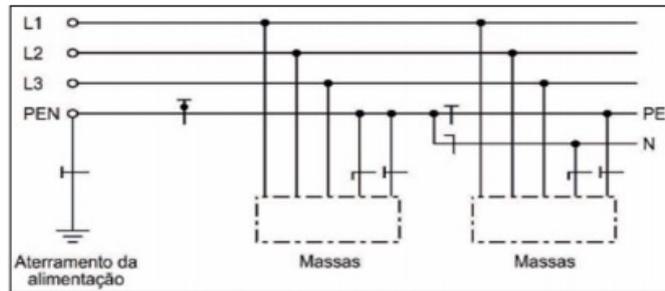
**Figura 4.2 – Esquema TN-S**

- **Esquema TN-C:** Condutores neutro e de proteção (PE) são comuns, podendo ser chamados de PEN:



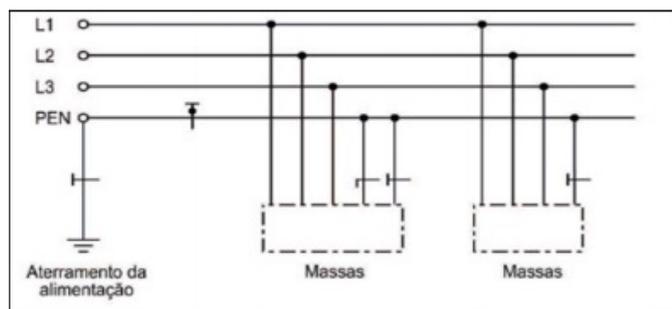
**Figura 4.3 – Esquema TN-C**

- **Esquema TN-C-S:** Sistema misto, parte da instalação recebe um condutor PEN, e outra recebe os condutores neutro e PE separados:



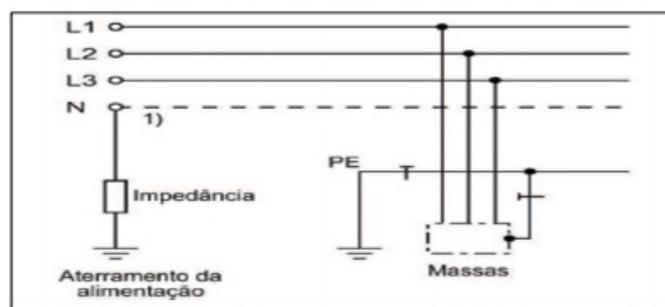
**Figura 4.4 – Esquema TN-C-S**

- **Esquema TT:** Possui um ponto da alimentação diretamente aterrado, normalmente o neutro do secundário do transformador, as massas da instalação ligadas a um ou mais eletrodos de aterramento independentes do eletrodo de aterramento da alimentação:



**Figura 4.5 – Esquema TT**

- **Esquema IT:** Não possui nenhum ponto de alimentação diretamente aterrado. Alimentação completamente isolada da terra ou aterrada por uma impedância altamente elevada:



**Figura 4.6 – Esquema IT**

## 5. EQUIPOTENCIALIZAÇÃO

### 5.1 Definição

A equipotencialização é caracterizada por ser um conjunto de medidas que tem por objetivo diminuir as diferenças de potencial criadas por descargas atmosféricas nas instalações os níveis em que seus componentes as suportem. É a interligação entre as partes metálicas da instalação em conjunto com o Sistema de Proteção contra Descargas Atmosféricas (SPDA), podendo ser feito de forma direta através de Dispositivos de Proteção contra Surtos (DPS) ou centelhadores de separação, que envolva a carcaça metálica dos equipamentos, tubulações metálicas, malhas de condutores, blindagem de cabos entre outros. [23]

### 5.2 Objetivo

De acordo com a ABNT NBR 5419:2015 a equipotencialização possui os seguintes objetivos:

- 1- Medidas de proteção para reduzir danos às pessoas devido ao choque elétrico;
- 2- Medidas de proteção para redução de danos físicos;
- 3- Medidas de proteção para redução de falhas dos sistemas elétricos e eletrônicos.

Nas estruturas metálicas das edificações que normalmente não são energizadas, a equipotencialização é feita através de condutores metálicos de baixa impedância, com a menor distância possível e de forma retilínea.



Figura 5.1 – Equipotencialização de tubulações metálicas

Por outro lado, os condutores que são normalmente energizados não podem ser equipotencializados através de um cabo ou um barramento, sabendo que isso poderia ocasionar em um curto-circuito.

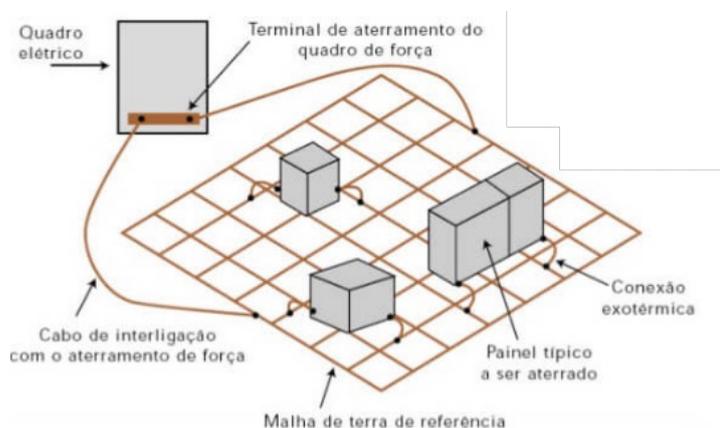
Os centelhadores são utilizados especialmente para a proteção de juntas de isolamento elétrico em tubulações metálicas, como adutoras, oleodutos e gasodutos, principalmente em tanques de armazenamento de combustíveis, torres metálicas de linhas de transmissão e silos de armazenamento de grãos. [23]



**Figura 5.2 – Centelhador de separação para juntas isolantes**

O objetivo da equipotencialização sempre será o de oferecer o caminho mais seguro para as correntes que surgem da diferença de potencial entre as partes da instalação, causadas pela descarga atmosférica. Caso a equipotencialização não tenha sido considerada, ou tenha sido executada de forma incorreta, poderão ocorrer centelhamentos perigosos ou até mesmo passagem de corrente elétrica pelo corpo humano, através de partes vulneráveis da instalação ou de equipamentos eletroeletrônicos.

A equipotencialização é feita, portanto, a partir do correto aterramento de proteção para direcionar qualquer corrente de fuga para a terra. Toda a armação metálica do aterramento funciona como um esqueleto, onde toda a estrutura é conectada formando uma estrutura comum. Dessa forma, garante-se a equipotencialização em diversos pontos da planta, conforme abaixo:



**Figura 5.3 – Malha de Terra de Referência**

É importante garantir que o sistema da malha metálica tenha resistência próxima de zero, ou seja, deve-se levar em consideração o dimensionamento das barras de aterramento. O caminho dos cabos de conexão deve ser o mais curto possível. Dessa forma, é possível atingir valores inferiores de resistência elétrica.

São princípios básicos da equipotencialização, conforme NBR 5410:

- Todas as massas de uma instalação devem estar ligadas a condutores de proteção.
- Em cada edificação deve ser realizada uma equipotencialização principal e tantas suplementares quantas forem necessárias.
- Todas as massas da instalação situadas em uma mesma edificação devem estar vinculadas à equipotencialização principal da edificação e a um mesmo e único eletrodo de aterramento.
- Massas simultaneamente acessíveis devem estar vinculadas a um mesmo eletrodo de aterramento.
- Massas protegidas contra choques elétricos por um mesmo dispositivo, dentro das regras da proteção por seccionamento automático da alimentação, devem estar vinculadas a um mesmo eletrodo de aterramento.

### **5.3 Barramento de Equipotencialização Principal (BEP)**

É o barramento único onde são ligados os elementos presentes na instalação. Esses elementos são: massas estruturais da edificação (armaduras de concreto armado e outras estruturas metálicas), tubulações metálicas de água, gás e esgoto, condutores metálicos de linha de energia e de sinal que entram ou saem da instalação, condutores de proteção das linhas de energia, condutores de interligação provenientes de eletrodos de aterramento de edificações vizinhas, apenas no caso de essa interligação ser recomendável ou necessária, condutores de interligação provenientes de outros eletrodos de aterramento, condutor de proteção principal da instalação elétrica (interna) da edificação e barramentos suplementares.

O BEP deve ficar localizado o mais próximo possível da Caixa Seccionadora ou do equipamento de proteção geral das instalações, sendo o Quadro de Proteção Principal ou algum ponto de medição. Caso exista no projeto da instalação mais de um ponto de medição, deverão ser previstos barramentos suplementares que serão ligados ao BEP.

Os valores mínimos da seção reta dos condutores que interligam diferentes barramentos de equipotencialização e dos condutores que ligam essas barras ao sistema de aterramento são listados na Tabela 5.1.

**Tabela 5.1 – Dimensões mínimas dos condutores que interligam diferentes barramentos de equipotencialização (BEP ou BEL) ou que ligam essas barras ao sistema de aterramento**

Nível do SPDA	Modo de instalação	Material	Área da seção reta mm <sup>2</sup>
I a IV	Não enterrado	Cobre	16
		Alumínio	25
		Aço galvanizado a fogo	50
	Enterrado	Cobre	50
		Alumínio	Não aplicável
		Aço galvanizado a fogo	80

Ressalta-se, pela tabela 5.1, que o condutor enterrado não tem proteção mecânica ou contra corrosão, daí, a necessidade de uma seção maior comparada com o condutor não enterrado.

### 5.3 Tanques de Armazenamento

Certos tipos de estruturas utilizadas para armazenamento de líquidos que podem produzir vapor inflamável ou para armazenamento de gases são normalmente autoprotégidos (contidos totalmente dentro de recipientes metálicos, contínuos, com uma espessura de parede superior a 5 mm de aço ou 7 mm de alumínio, sem espaços que permitam centelhamento) e não requerem proteção adicional. Analogamente, tanques em contato direto com o solo e linhas de encaminhamento de tubulação não necessitam da instalação do subsistema de captação. Componentes elétricos e de instrumentação utilizados dentro desses equipamentos devem ser certificados para esse tipo de aplicação. Medidas para proteção contra descargas atmosféricas devem ser tomadas conforme o tipo de construção [24].

Tanques ou contêineres individuais, metálicos, devem ser ligados ao eletrodo de aterramento, dependendo de suas dimensões horizontais (diâmetro ou comprimento):

- a) Até 20 m: duas interligações no mínimo, dispostas equidistantemente no perímetro;
- b) Superior a 20 m: duas interligações mais uma interligação adicional a cada 10 m de perímetro, dispostas equidistantemente.

Para tanques agrupados em pátios, por exemplo, refinarias e pátios de armazenamento, o aterramento de cada tanque em um ponto é suficiente, independentemente da maior dimensão horizontal. Quando dispostos em pátios, os tanques devem estar interconectados. Além das conexões conforme Tabelas 4.2 e 5.1, tubulações que estão eletricamente conectadas, também podem ser consideradas como interligação.

No caso de tanques com teto flutuante, o teto flutuante deve ser interligado à carcaça principal do tanque de forma eficaz. O projeto dos selos e derivadores e suas relativas localizações necessitam ser cuidadosamente considerados de forma que o risco de qualquer eventual ignição da mistura explosiva por um centelhamento seja reduzido ao menor nível possível. Quando uma escada móvel for instalada, condutores de equipotencialização, flexíveis de 35 mm<sup>2</sup>, devem ser conectados nas dobradiças da escada, entre a escada e o topo do tanque e entre a escada e o teto flutuante.

Quando uma escada móvel não é montada no tanque de teto flutuante, um ou mais (dependendo das dimensões do tanque) condutores flexíveis de equipotencialização de 35 mm<sup>2</sup> devem ser conectados entre a estrutura principal do tanque e o teto flutuante. Os condutores de equipotencialização devem seguir o teto ou serem instalados de forma que não formem laços (loops) decorrentes da movimentação deste. Em tanques de teto flutuante, devem existir ligações múltiplas, em intervalos de 1,5 m, entre a periferia do teto flutuante e a parede do tanque. A seleção do material é dada pelo produto armazenado no tanque e/ou requisitos ambientais. Alternativas para prover uma adequada conexão entre o teto flutuante e a parede do tanque com relação à condução das correntes de impulso associadas a descargas atmosféricas somente serão permitidas se demonstradas com sucesso em ensaios e se esses procedimentos forem utilizados para assegurar a confiabilidade da conexão [24].

#### **5.4 Linhas de tubulações**

As linhas de tubulações metálicas externas aos processos industriais devem estar conectadas ao eletrodo de aterramento a cada 30 m, ou serem interligadas ao nível do solo a elementos já aterrados, ou serem aterradas com eletrodo vertical [24]. Os itens a seguir são aplicáveis para linhas longas que transportam líquidos inflamáveis:

a) em estações de bombeamento, partes de escoamento e instalações similares, todos os tubos principais incluindo as blindagens metálicas devem ser interligados por condutores de seção transversal de pelo menos 50 mm<sup>2</sup> ;

b) as conexões de interligação de partes metálicas separadas por elemento isolante devem ser executadas de forma a não se soltarem (com solda, ou com parafusos e porcas autoatarrachantes). Peças isoladas devem ser interligadas a fim de evitar centelhamentos perigosos.

## 6. SISTEMA DE PROTEÇÃO CONTRA DESCARGAS ATMOSFÉRICAS (SPDA)

### 6.1 Objetivo

As medidas de proteção consideradas na ABNT NBR 5419 são comprovadamente eficazes na redução dos riscos associados às descargas atmosféricas. Todas as medidas de proteção contra descargas atmosféricas formam a proteção completa contra descargas atmosféricas. Por razões práticas, os critérios para projeto, instalação e manutenção das medidas de proteção são considerados em dois grupos separados:

- O primeiro grupo se refere às medidas de proteção para reduzir danos físicos e riscos à vida dentro de uma estrutura e está contido na ABNT NBR 5419-3;
- O segundo grupo se refere às medidas de proteção para reduzir falhas de sistemas elétricos e eletrônicos em uma estrutura e está contido no ABNT NBR 5419-4.

As conexões entre as partes da ABNT NBR 5419 são ilustradas na Figura 6.1.

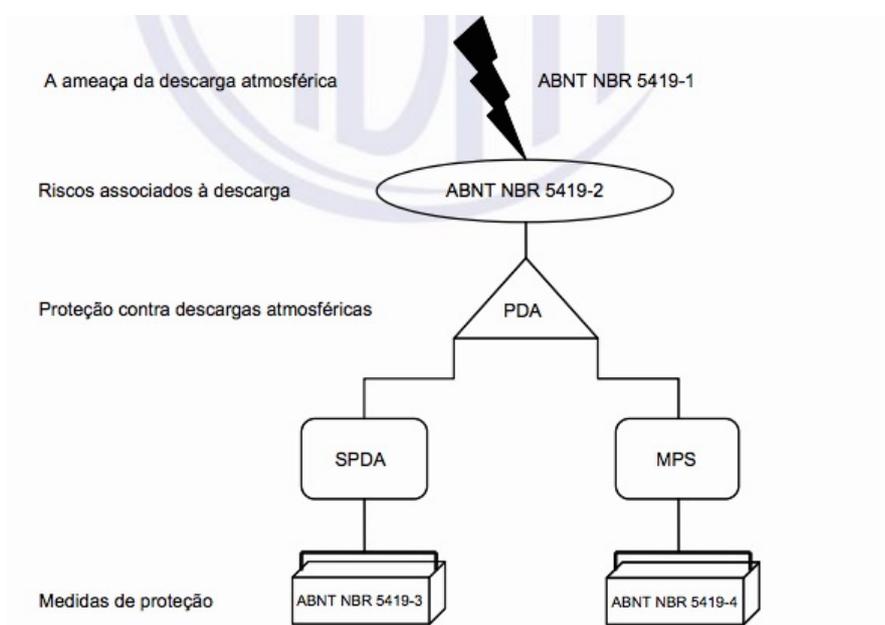


Figura 6.1 – Esquemático PDA ABNT NBR-5419

### 6.2 Definição

Os raios são impulsos elétricos de alta tensão com duração muito pequena, em torno de 200ms. Por isso, há sempre o risco de choque elétrico por contato direto, que ocorre quando uma pessoa se encontra em contato com a terra e em contato físico com um local que recebe

uma descarga elétrica. Naturalmente, um raio tende a atingir a superfície terrestre e a sua ocorrência não se subordina ao controle humano. Se por um lado não se pode evitar a existência de um raio, por outro é possível atraí-lo para um determinado ponto, captá-lo e conduzi-lo de forma segura para que as cargas elétricas escoem para a terra sem causar danos às pessoas, animais, objetos e estruturas construtivas [25].

Um SPDA não impede a ocorrência das descargas atmosféricas, porém caso seja projetado conforme a NBR 5419, é possível diminuir boa parte dos danos e riscos envolvidos. O projetista de um SPDA deve realizar uma análise minuciosa do tipo e do posicionamento do SPDA, garantindo um melhor aproveitamento dos elementos condutores da estrutura, além de tornar o projeto mais estético, eficiente e com menor custo.

É evidente a sua necessidade em qualquer instalação de refino, distribuição ou comercialização de combustível devido à natureza de sua construção, valor de seu conteúdo ou efeitos indiretos e por possuírem estruturas isoladas em grandes áreas ou com altura superior a 25 metros. A exigência de sua implementação é regulamentada pela ABNT segundo a Norma NBR 5419 e devendo ser inspecionada anualmente pelo Corpo de Bombeiros em cada base de distribuição presente no país.

### 6.3 Método Franklin

O sistema mais simples e eficaz para a proteção de uma edificação, de sua instalação elétrica, de outros sistemas instalados e de pessoas e animais é o para-raios, que foi inventado no século XVIII por Benjamin Franklin (1706-1790).

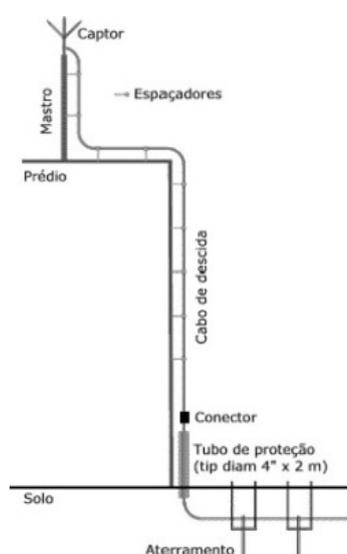
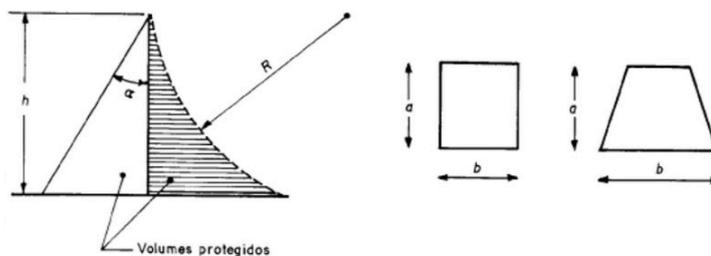


Figura 6.2 – Para-raios tipo Franklin

O sistema é composto de uma haste metálica que é chamada de *captor*, instalada na parte mais alta da edificação e é ligada a um condutor elétrico chamado *cabo de descida*, que é ligado a uma haste de aterramento, por onde escoam a descarga elétrica no solo. O captor tipo Franklin é um dispositivo de quatro pontas maciças metálicas que fica em local elevado para atrair as descargas elétricas atmosféricas, podendo ser de cobre, aço inoxidável, latão niquelado ou outro tipo de metal.

O condutor de descida pode ser um cabo de cobre nu, cobre isolado, alumínio nu sem alma ou própria estrutura metálica da edificação. O conector de medição presente na imagem acima, é um dispositivo instalado no condutor de descida que possibilita a realização de ensaios e medições elétricas dos elementos do SPDA. Segundo a NBR 5419, todos os condutores de descida de um SPDA (exceção das descidas naturais e embutidas) devem possuir uma conexão de medição instalada próxima ao ponto de ligação com o eletrodo de aterramento.

Para o projeto dos captores, usando o método Franklin, o volume a ser protegido é envolvido por um cone cujo ângulo “ $\alpha$ ” depende do nível de proteção “h” da construção. O volume a ser protegido deve ficar totalmente imerso na zona de proteção estabelecida a partir das especificações do SPDA, de modo que se um raio cair em qualquer ponto desse volume, o para-raios atuará como o melhor caminho para seu escoamento.



**Figura 6.3 – Zona de proteção de para-raios Franklin**

h - Altura do captor

R - Raio da esfera rolante

a - largura

$\alpha$  - Ângulo de proteção

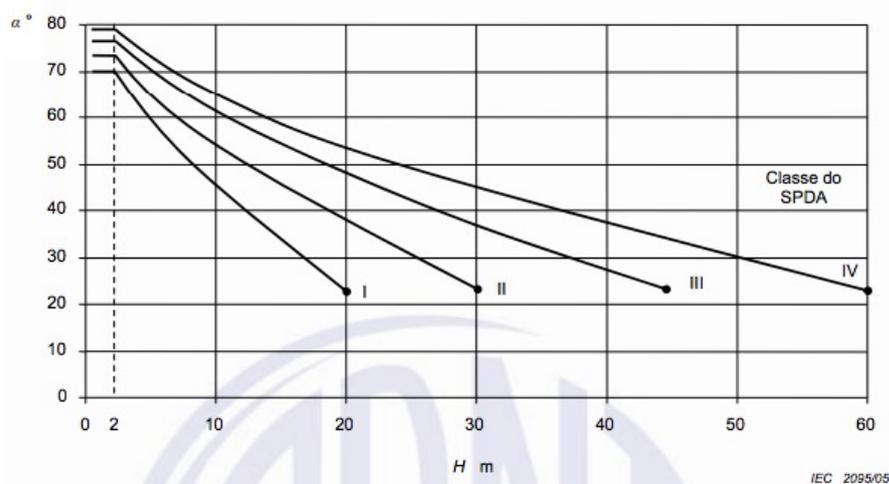
b - comprimento da malha ( $b \leq 2a$ )

O para-raios tipo Franklin tem uma zona de proteção cônica, cujo vértice é o captor e cujo ângulo de proteção é definido em função da altura do captor e do grau de proteção da estrutura, conforme visto na tabela e gráfico abaixo:

**Tabela 6.1 – Valores máximos dos raios da esfera rolante, tamanho da malha e ângulo de proteção correspondentes a classe de SPDA**

Classe do SPDA	Raio da esfera rolante - R m	Máximo afastamento dos condutores da malha m
I	20	5 × 5
II	30	10 × 10
III	45	15 × 15
IV	60	20 × 20

- Para os valores de  $H(m)$  acima dos valores finais de cada curva (classes I a IV) são aplicáveis apenas os métodos da esfera rolante e das malhas.
- $H$  é a altura do captor acima do plano de referência da área a ser protegida.
- O ângulo não será alterado para valores de  $H$  abaixo de 2m.

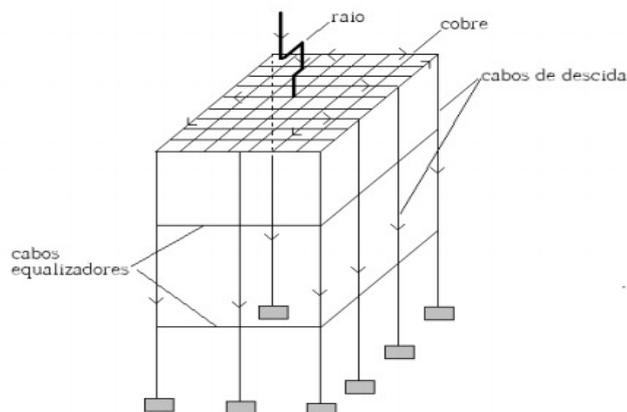


**Figura 6.4 – Altura pelo ângulo de proteção exigido**

#### 6.4 Método Gaiola de Faraday

Método muito utilizado atualmente, e baseado na teoria de Faraday, segundo a qual o campo no interior de uma gaiola blindada é nulo, mesmo quando passa por seus condutores uma corrente de valor elevado. Responsável pelo efeito chamada “blindagem eletrostática, a gaiola impede a entrada do campo elétrico e magnético no interior de superfícies e estruturas

condutoras. Quando um campo elétrico é aplicado a elas, a superfície produzirá cargas elétricas opostas ao campo elétrico, ou seja, as cargas opostas cancelam o campo elétrico externo [26,27].



**Figura 6.5 – Proteção por Gaiola de Faraday**

Consiste em instalar um sistema de captadores formado por condutores horizontais a serem instalados na cobertura das edificações, interligados em forma de malha, onde tanto a largura quanto o comprimento devem estar de acordo com a NBR 5419 [28].

As características de um SPDA são determinadas pelas características da estrutura a ser protegida pelo nível de proteção para as descargas atmosféricas. Em nosso caso de estudo em que a estrutura está classificada dentro do conteúdo “Indústria química, Refinaria, Usina nuclear, Indústria e laboratório de bioquímica, os efeitos das descargas podem ocasionar incêndio e mau funcionamento da planta com consequências prejudiciais ao meio ambiente local e global.

Todos os elementos do SPDA externo (subsistemas de captação e descida) devem ficar a pelo menos 1 m distante da zona de risco. Os condutores instalados devem ter continuidade elétrica assegurada. Onde a zona de risco estiver localizada diretamente sob uma placa de metal que possa ser perfurada por uma descarga atmosférica, esta deve ser provida de um subsistema de captação [29].

Dispositivos de proteção contra surtos devem ser posicionados fora da zona de risco, quando praticável. Dispositivos de proteção contra surtos localizados dentro da zona de risco devem ser certificados para funcionamento nessa condição ou devem ser encapsulados. E estes invólucros devem ser certificados para essa utilização.

Ligações equipotenciais devem ser executadas para o sistema de proteção contra descargas atmosféricas conforme os requisitos desta Norma e da ABNT NBR IEC 60079-14, além dos requisitos específicos de equipotencialização.

As conexões entre tubos devem ser executadas de tal forma que quando da passagem de corrente elétrica originada por uma descarga atmosférica não haja centelhamento. As conexões soldadas, aparafusadas ou fixadas mecanicamente com grampos entre os flanges são apropriadas para equipotencialização dos tubos. As conexões por meio de grampos somente são permitidas se tiverem comprovadas sua suportabilidade às correntes elétricas da descarga atmosférica, esta eficiência pode ser comprovada por ensaios e procedimentos previamente realizados.

As junções (jumpers) devem ser realizadas para o acoplamento entre flanges e ligação dos tubos e tanques à terra.

- Estruturas onde existam zonas definidas como zona 2 e zona 22 podem não requerer medidas de proteção suplementar. Instalações industriais construídas em estrutura metálica (por exemplo, colunas externas, reatores, containers com zona 2 e zona 22) com espessura e material encontrado na Tabela 6.2, devem seguir as seguintes aplicações:

**Tabela 6.1 – Posicionamento de captores conforme o nível de proteção**

Classe do SPDA	Material	Espessura <sup>a</sup> <i>t</i> mm	Espessura <sup>b</sup> <i>t'</i> mm
I a IV	Chumbo	–	2,0
	Aço (inoxidável, galvanizado a quente)	4	0,5
	Titânio	4	0,5
	Cobre	5	0,5
	Alumínio	7	0,65
	Zinco	–	0,7
<sup>a</sup> <i>t</i> previne perfuração, pontos quentes ou ignição. <sup>b</sup> <i>t'</i> somente para chapas metálicas, se não for importante prevenir a perfuração, pontos quentes ou problemas com ignição.			

- a) não é necessária a instalação de subsistemas de captação e descida;
- b) instalações industriais devem ser interligadas ao aterramento

- Para estruturas onde existam zonas definidas como zona 1 e zona 21, aplicam-se as medidas requeridas para zona 2 e zona 22 com a adição a seguir: Devem ser tomadas medidas específicas de proteção quando houver peças isoladas ao longo da tubulação. Por exemplo, uma descarga disruptiva pode ser evitada com a utilização

de explosão confinada ou de interligação indireta, via centelhadores próprios para este fim.

- Para instalações externas com áreas definidas como zona 0 e zona 20, aplicam-se as exigências para as zonas 1, zona 2, zona 21 e zona 22 com os seguintes complementos:
  - a) Equipamentos elétricos dentro de tanques que contenham líquidos inflamáveis devem ser apropriados para essa utilização. Medidas para proteção contra descargas atmosféricas devem ser tomadas conforme as características da construção;
  - b) Contêineres fechados, de aço, com áreas internas definidas como zona 0 e zona 20, devem ter uma espessura de parede de no mínimo, 5 mm nos locais onde for possível o impacto direto de descarga atmosférica. Se as paredes tiverem espessura inferior à especificada, um subsistema de captação deve ser instalado.

## **6.5 Avaliação de Risco**

### **Fontes dos danos**

- a) *S1*: descargas atmosféricas na estrutura;
- b) *S2*: descargas atmosféricas perto da estrutura;
- c) *S3*: descargas atmosféricas na linha;
- d) *S4*: descargas atmosféricas perto da linha

### **Tipos dos danos**

- a) *D1*: ferimentos aos seres vivos por choque elétrico;
- b) *D2*: danos físicos;
- c) *D3*: falhas de sistemas eletroeletrônicos.

### **Componentes de risco para uma estrutura devido às descargas atmosféricas na estrutura**

Para cada tipo de dano, sozinho ou em combinação com outros, existem diferentes tipos de perdas. Sua classificação varia conforme características da estrutura a ser protegida e do seu conteúdo [30]. As perdas levadas em consideração são:

- a) L1: perda de vida humana (incluindo ferimentos permanentes);
- b) L2: perda de serviço ao público;
- c) L3: perda de patrimônio cultural;
- d) L4: perda de valores econômicos (estrutura, conteúdo, e perdas de atividades).

## Risco

O risco,  $R$ , é um valor relativo a uma provável perda anual média. Para cada tipo de perda que pode aparecer na estrutura, o risco resultante deve ser avaliado.

- a)  $R_1$ : risco de perda de vida humana (incluindo ferimentos permanentes);
- b)  $R_2$ : risco de perda de serviço ao público;
- c)  $R_3$ : risco de perda de patrimônio cultural;
- d)  $R_4$ : risco de perda de valores econômicos.

Para avaliação, os componentes de risco (riscos parciais dependem da fonte e do tipo de dano) devem ser definidos e calculados. Cada risco  $R$  é a soma dos seus componentes de risco. Ao calcular um risco, os componentes de risco podem ser agrupados de acordo com as fontes de danos e os tipos de danos.

### Componentes de risco para uma estrutura devido às descargas atmosféricas na estrutura

- a)  $R_a$ : componente relativo a ferimentos aos seres vivos causados por choque elétrico devido às tensões de toque e passo dentro da estrutura e fora nas zonas até 3 m ao redor dos condutores de descidas. Perda de tipo L1 e, no caso de estruturas contendo animais vivos, as perdas do tipo L4 com possíveis perdas de animais podem também aumentar. Em estruturas especiais, pessoas podem estar em perigo por descargas atmosféricas diretas (por exemplo, no nível superior de estacionamentos ou estádios). Recomenda-se que estes casos também sejam considerados utilizando os princípios desta Parte da ABNT NBR 5419.
- b)  $R_b$ : componente relativo a danos físicos causados por centelhamentos perigosos dentro da estrutura iniciando incêndio ou explosão, os quais podem também colocar em perigo o meio ambiente. Todos os tipos de perdas (L1, L2, L3 e L4) podem aumentar;
- c)  $R_c$ : componente relativo a falhas de sistemas internos causados por LEMP (pulso eletromagnético devido às descargas atmosféricas). Perdas do tipo L2 e L4 podem ocorrer em todos os casos junto com o tipo L1, nos casos de estruturas com risco de explosão, e hospitais ou outras estruturas onde falhas de sistemas internos possam imediatamente colocar em perigo a vida humana.

**Componentes de risco para uma estrutura devido às descargas atmosféricas perto da estrutura**

- *Rm*: componente relativo a falhas de sistemas internos causados por LEMP. Perdas do tipo L2 e L4 podem ocorrer em todos os casos junto com o tipo L1, nos casos de estruturas com risco de explosão, e hospitais ou outras estruturas onde falhas de sistemas internos possam imediatamente colocar em perigo a vida humana.

**Componentes de risco para uma estrutura devido às descargas atmosféricas a uma linha conectada à estrutura**

a) *Ru*: componente relativo a ferimentos aos seres vivos causados por choque elétrico devido às tensões de toque e passo dentro da estrutura. Perda do tipo L1 e, no caso de propriedades agrícolas, perdas do tipo L4 com possíveis perdas de animais podem também ocorrer;

b) *Rv*: componente relativo a danos físicos (incêndio ou explosão iniciados por centelhamentos perigosos entre instalações externas e partes metálicas geralmente no ponto de entrada da linha na estrutura) devido à corrente da descarga atmosférica transmitida ou ao longo das linhas. Todos os tipos de perdas (L1, L2, L3 e L4) podem ocorrer;

c) *Rw*: componente relativo a falhas de sistemas internos causados por sobretensões induzidas nas linhas que entram na estrutura e transmitidas a esta. Perdas do tipo L2 e L4 podem ocorrer em todos os casos, junto com o tipo L1, nos casos de estruturas com risco de explosão, e hospitais ou outras estruturas onde falhas de sistemas internos possam imediatamente colocar em perigo a vida humana.

As linhas consideradas nesta análise são somente aquelas que entram na estrutura. Descargas atmosféricas em, ou perto de, tubulações não são consideradas como uma fonte de danos, uma vez que existe a interligação ao barramento de equipotencialização. Se o barramento de equipotencialização não existir, recomenda-se que este tipo de ameaça também seja considerado.

**Componentes de risco para uma estrutura devido às descargas atmosféricas perto de uma linha conectada à estrutura**

- *Rz*: componente relativo a falhas de sistemas internos causados por sobretensões induzidas nas linhas que entram na estrutura e transmitidas a esta. Perdas do tipo L2 e L4 podem ocorrer em todos os casos, junto com o tipo L1, nos casos de estruturas com risco de explosão, e hospitais ou outras estruturas onde falhas de sistemas internos possam imediatamente colocar em perigo a vida humana.

## 6.6 Composição dos componentes de risco

a) R1: Risco de perda de vida humana:

$$R1 = Ra1 + Rb1 + Rc1 + Rm1 + Ru1 + Rv1 + Rw1 + Rz1 \quad (1)$$

$$(*) Rc1 Rm1 Rw1 Rz1$$

(\*) somente para estruturas com risco de explosão e para hospitais com equipamentos elétricos para salvar vidas ou estruturas quando a falha dos sistemas internos imediatamente possa por em perigo a vida humana.

b) R2: Risco de perdas de serviço público:

$$R2 = Rb2 + Rc2 + Rm2 + Rv2 + Rw2 + Rz2 \quad (2)$$

c) R3: Risco de perdas de patrimônio cultural:

$$R3 = Rb3 + Rv3 \quad (3)$$

d) R4: Risco de perdas de valor econômico:

$$R4 = Ra4 + Rb4 + Rc4 + Rm4 + Ru4 + Rv4 + Rw4 + Rz4 \quad (4)$$

$$(*) Ra4 Ru4$$

(\*) Somente para propriedades onde animais possam ser perdidos.

**Tabela 6.2 – Componentes de risco a serem considerados para cada tipo de perda em uma estrutura**

Fonte de danos	Descarga atmosférica na estrutura S1			Descarga atmosférica perto da estrutura S2	Descarga atmosférica em uma linha conectada à estrutura S3			Descarga atmosférica perto de uma linha conectada à estrutura S4
	$R_A$	$R_B$	$R_C$	$R_M$	$R_U$	$R_V$	$R_W$	$R_Z$
Componente de risco								
Risco para cada tipo de perda								
$R_1$	*	*	* a	* a	*	*	* a	* a
$R_2$		*	*	*		*	*	*
$R_3$		*	*	*		*	*	*
$R_4$	* b	*	*	*	* b	*	*	*

<sup>a</sup> Somente para estruturas com risco de explosão e para hospitais ou outras estruturas quando a falha dos sistemas internos imediatamente possam colocar em perigo a vida humana.

<sup>b</sup> Somente para propriedades onde animais possam ser perdidos.

**Tabela 6.3 – Fatores que influenciam os componentes de risco**

Características da estrutura ou dos sistemas internos (medidas de proteção)	$R_A$	$R_B$	$R_C$	$R_M$	$R_U$	$R_V$	$R_W$	$R_Z$
Área de exposição equivalente	X	X	X	X	X	X	X	X
Resistividade da superfície do solo	X							
Resistividade do piso	X				X			
Restrições físicas, isolamento, avisos visíveis, equipotencialização do solo	X				X			
SPDA	X	X	X	X <sup>a</sup>	X <sup>b</sup>	X <sup>b</sup>		
Ligação ao DPS	X	X			X	X		
Interfaces isolantes			X <sup>c</sup>	X <sup>c</sup>	X	X	X	X
Sistema coordenado de DPS			X	X			X	X

**Tabela 6.4 – Fatores que influenciam os componentes de risco**

Características da estrutura ou dos sistemas internos (medidas de proteção)	$R_A$	$R_B$	$R_C$	$R_M$	$R_U$	$R_V$	$R_W$	$R_Z$
Blindagem espacial			X	X				
Blindagem de linhas externas					X	X	X	X
Blindagem de linhas internas			X	X				
Precauções de roteamento			X	X				
Sistema de equipotencialização			X					
Precauções contra incêndios		X				X		
Sensores de fogo		X				X		
Perigos especiais		X				X		
Tensão suportável de impulso			X	X	X	X	X	X

<sup>a</sup> Somente para SPDA tipo malha externa.

<sup>b</sup> Devido a ligações equipotenciais.

<sup>c</sup> Somente se eles pertencem ao equipamento.

## 6.7 Gerenciamento de risco

### 6.7.1 Procedimento básico

- a) identificação da estrutura a ser protegida e suas características;
- b) identificação de todos os tipos de perdas na estrutura e os correspondentes riscos relevantes R (R1 a R4);
- c) avaliação do risco R para cada tipo de perda R1 a R4;
- d) avaliação da necessidade de proteção, por meio da comparação dos riscos R1, R2 e R3 com os riscos toleráveis  $R_t$ ;

São valores representativos de risco tolerável  $R_t$ , onde as descargas atmosféricas envolvem perdas de vida humana ou perda de valores sociais ou culturais:

**Tabela 6.5 – Valores típicos de risco tolerável  $R_t$**

Tipo de perda		$R_t$ ( $y^{-1}$ )
L1	Perda de vida humana ou ferimentos permanentes	$10^{-5}$
L2	Perda de serviço ao público	$10^{-3}$
L3	Perda de patrimônio cultural	$10^{-4}$

### 6.7.2 Avaliação da necessidade de proteção

De acordo com ABNT NBR 5419-1, os riscos R1, R2 e R3 devem ser considerados na avaliação da necessidade da proteção contra as descargas atmosféricas. Para cada tipo de risco a ser considerado, os seguintes passos devem ser tomados:

- a) identificação dos componentes  $R_x$  que compõe o risco;
- b) cálculo dos componentes de risco identificados  $R_x$ ;
- c) cálculo do risco total  $R$ ;
- d) identificação dos riscos toleráveis  $R_t$ ;
- e) Comparação do risco R com o valor do risco tolerável  $R_t$ .

Se  $R \leq R_t$ , a proteção contra a descarga atmosférica não é necessária. Se  $R > R_t$ , medidas de proteção devem ser adotadas no sentido de reduzir  $R \leq R_t$  para todos os riscos aos quais a estrutura está sujeita.

## 6.8 Análise dos Componentes de risco

Dada a equação:

$$R_x = N_x * P_x * L_x \quad (5)$$

Todos os componentes de risco  $R_a$ ,  $R_b$ ,  $R_c$ ,  $R_m$ ,  $R_u$ ,  $R_v$ ,  $R_w$  e  $R_z$  podem ser escritos conforme expressão acima.

**$N_x$**  : Número de eventos perigosos por ano. Afetado pela densidade de descargas atmosféricas para a terra ( $N_g$ ) e pelas características físicas da estrutura a ser protegida. Para melhor detalhamento verificar Anexo A da NBR 5419-2:2015.

**$P_x$**  : Probabilidade de dano à estrutura. Afetada pelas características da estrutura a ser protegida, das linhas conectadas e das medidas de proteção existentes. Acessar Anexo B da NBR 5419-2:2015 para melhor verificação.

**$L_x$**  : Perda consequente afetada pelo uso para o qual a estrutura foi projetada, a frequência das pessoas, o tipo de serviço fornecido ao público, o valor dos bens afetados pelos danos e as medidas providenciadas para limitar a quantidade de perdas.

## 7. TERMINAL DE DISTRIBUIÇÃO E PROCEDIMENTOS DE SEGURANÇA ELÉTRICA

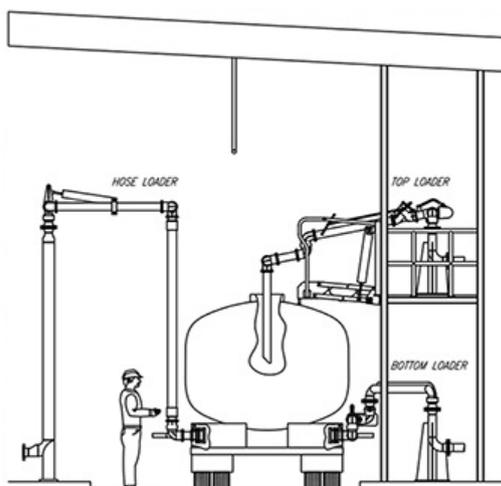
Estrategicamente localizados, os terminais devem garantir a qualidade dos combustíveis, biocombustíveis e suas misturas comercializadas, em todos os estágios do manuseio, desde o recebimento até a entrega para o cliente final.

### 7.1 Infraestrutura



Figura 7.1 - Imagem Aérea Terminal de Distribuição

- Plataforma de Carregamento: Considerado o coração da base de distribuição, a plataforma de carregamento é o local o qual os caminhões-tanque realizam o abastecimento dos produtos que serão levados para os postos de serviço. É composto de ilhas de carregamento, cada ilha possui em média quatro braços de carregamento. Cada braço de carregamento leva um tipo de produto, podendo ser Gasolina, Etanol Hidratado, Diesel S-500 e Diesel S-10. O carregamento pode ser realizado de duas formas, o *Top Loading* é realizado pela parte superior do compartimento do caminhão-tanque e o *Bottom Loading* realizado pela parte inferior do compartimento.



**Figura 7.2 - Sistema de Carregamento Top Loading / Bottom Loading**

- Bacia de Tanques: Região a qual todos os tanques ficam localizados, tanto os aéreos quanto os subterrâneos.
- Praça de Bombas: Local de instalação e operação de todos os conjuntos motor-bomba da base de distribuição. Qualquer sistema de carregamento ou descarga depende do correto funcionamento deste conjunto.
- M.C.I.: Motor de Combate a Incêndio: Equipamento instalado para realizar o bombeamento de água em caso de incêndio.
- Subestação: Por ser uma região industrial, a tensão de chegada diretamente da concessionária é de 13,8kV, sendo necessária a instalação de uma subestação. Geradores à diesel também são muito utilizados como opção para barateamento dos custos nos horários de pico de consumo.
- Escritório: Prédio o qual boa parte dos funcionários de gestão da base ficam instalados. Técnicos administrativos responsáveis pelo atendimento aos motoristas, Supervisores de operação tem o papel de cuidar da operação diária da base, manutenção dos equipamentos e da instalação e treinamentos. Operadores tem a responsabilidade de acompanhar as atividades dos motoristas, assegurar a perfeita execução dos procedimentos, zelar pela disciplina e garantir o correto uso e funcionamento dos equipamentos.
- Plataforma de Descarga: Ponto de descarga de todos os produtos que chegam ao terminal pelo modal rodoviário.
- DVT (Descarga de Vagão-tanque): Ponto de descarga de todos os produtos que chegam ao terminal pelo modal ferroviário.

- Armazém/Oficina: Depósito de aditivos, ferramentas e estoque de equipamentos, danificados ou não.

## **7.2 Responsabilidades**

- Definir os procedimentos operacionais que envolvam recebimento, armazenamento e carregamento de produtos derivados de petróleo, etanóis e aditivos
- Contemplar os aspectos referentes ao controle da qualidade dos produtos manuseados, no recebimento através dos diversos modais
- Assegurar que todos os combustíveis, biocombustíveis e suas misturas recebidos sejam acompanhados pelos Certificados da Qualidade emitidos pelo produtor ou importador
- Drenagem dos tanques, coletas de amostras do produto e testes básicos necessários
- Controle de Estoque
- Aditivação dos produtos
- Inspeção diária dos caminhões-tanque que operam dentro da base

## **7.3 Equipamentos de Proteção Individual (EPI)**

A utilização de EPI durante todo o processo de carregamento de produto em auto tanque é obrigatória. Equipamentos a serem utilizados: capacete, luvas de PVC, óculos de segurança, calçado de segurança com solado antiderrapante e roupa de algodão. Para a subida no caminhão-tanque nas plataformas de carregamento, o operador ou o motorista devem utilizar o cinto de segurança do tipo paraquedista com uso de trava quedas. Todos devem receber treinamento adequado para tal manuseio.

## **7.4 Considerações Gerais**

Garantir que todo motorista antes de ser autorizado a carregar no terminal e todo pessoal envolvido nas operações de carregamento de auto tanques tenham recebido treinamento nos procedimentos operacionais e nos procedimentos de emergência do local. O ingresso no terminal deve ser feito com as tampas das escotilhas dos compartimentos fechadas.



**Figura 7.3 - Tampa de visita de compartimento**

Não carregar auto tanque durante tempestades elétricas (ocorrência ou ameaça de raios), não utilizar telefones celulares, devem ser mantidos desligados. Qualquer equipamento elétrico deve ser certificado para atmosferas explosivas.

## **7.5 Considerações sobre eletricidade estática**

Líquidos em movimento são geradores de eletricidade estática, que é acumulada em sua fase líquida ou em materiais de suspensão. A geração da eletricidade estática está associada diretamente ao fluxo do líquido, ou seja, em função de sua vazão e obstáculos existentes como filtros. Para um sistema aterrado, a capacidade de descarga de eletricidade estática está diretamente ligada à sua geração e às características de condutividade elétrica do líquido e do tempo de relaxamento, o que permite o escoamento das cargas geradas e acumuladas.

➤ Líquidos Não Condutivos: Apresentam condutividade abaixo de 50 pS/m (pico Siemens por metro). Os líquidos não condutivos precisam, em um sistema aterrado, de um tempo maior para descarregarem a eletricidade estática gerada em uma operação de carregamento. Exemplo: Etanol.

➤ Líquidos Semicondutores: Apresentam condutividade entre 50 pS/m e 104 pS/m.

Valores de condutividade média de líquidos derivados de petróleo:

- Gasolina 10 a 3000 pS/m
- Querosene <50 pS/m
- Diesel <50 pS/m
- Óleo Combustível 0,5 a 50 pS/m – depende do teor de enxofre
- Asfalto >1000 pS/m

A operação de carregamento de produtos com baixa pressão de vapor, como o diesel, querosene, ou outros produtos destilados médios em um compartimento que previamente tenha

contido produtos com alta pressão de vapor como a gasolina ou álcool é chamada de *Switch Loading*. Esta operação traz riscos devido à atmosfera inflamável que se gera no interior dos compartimentos durante o carregamento, a geração da eletricidade estática, principalmente quando o produto é não condutivo, e a possibilidade de centelhamento, operação que deve ser tratada com muitos cuidados.

Algumas considerações sobre as precauções a serem observadas nas operações de carregamento, de modo a reduzir a geração de eletricidade estática ou mantê-la sob controle:

- O auto tanque e todos os equipamentos metálicos que possam ter contato com o tanque, como o braço de carregamento, devem estar no mesmo potencial elétrico e devidamente aterrados antes do início da operação de carregamento. A continuidade elétrica entre o braço de carregamento, o sistema de aterramento da estrutura da plataforma de carregamento e o sistema de aterramento dos caminhões-tanque deve ser testada periodicamente dentro dos procedimentos de manutenção do Terminal.



**Figura 7.4 – Aterramento do Autotanque**

- Objetos perdidos como ferramentas, canetas, latas, lanternas etc. no interior dos compartimentos podem funcionar como coletores de cargas e virem a gerar centelhamento quando da proximidade das paredes do compartimento. Uma vez que não é factível a inspeção em todos os compartimentos antes de todos os carregamentos, como no caso de carregamentos por baixo, é importante que os motoristas sejam conscientizados da realização periódica dessas inspeções e que estas façam parte das verificações realizadas pelo Terminal. Além disso, os motoristas e operadores não deverão portar canetas, isqueiros, etc. em bolsos ou presos na camisa quando as escotilhas superiores dos compartimentos estiverem abertas.

- Nas operações de carregamento por cima, os braços de carregamento dos produtos claros deverão ir até o fundo dos compartimentos, tendo em sua extremidade defletores, de modo a diminuir o turbilhonamento e conseqüente geração de eletricidade estática.
- Filtros com malhas com tamanho superior a 300 microns são pouco propensos à geração de eletricidade estática. Quando utilizados filtros com tamanho menor de malha é importante que seja realizada uma avaliação de riscos em função do tempo de relaxamento entre o local de instalação do filtro e a posição de carregamento. Na avaliação de riscos deverá ser levada em consideração a condutividade elétrica do produto.
- Quando necessária coleta de amostra de produto ou tomada de temperatura em compartimentos recém-carregados:
  - Esperar pelo menos 5 minutos após a conclusão do carregamento;
  - Utilizar preferencialmente fita metálica e saca-amostra aprovado (metálico / caneca metálica) que permitam condutividade;
  - Os equipamentos utilizados para medição de nível, medição de temperatura ou coleta de amostras que venham a ser introduzidos nos compartimentos, devem estar no mesmo potencial elétrico que o autotanque. Para isto, deve ser conectado o terminal ou a garra do instrumento a qualquer parte metálica (não pintada) do autotanque antes de proceder o seu uso;
  - Nunca utilizar corda construída de material sintético.

## **7.6 Carregamento de Caminhão-Tanque**

Serão apresentados os procedimentos operacionais a serem seguidos no carregamento de produtos por auto tanque, visando sempre alcançar a segurança e a eficiência operacional.

### **7.6.1 Ingresso na plataforma de carregamento**

Os motoristas deverão: Parar o autotanque na faixa de espera caso haja outro autotanque carregando na posição desejada; Verificar se as escadas pantográficas (usadas em carregamento

por cima “Top Loading”) e braços de carregamento estão corretamente recolhidos, antes de acessar a plataforma; Posicionar o autotanque na plataforma de carregamento de modo que, se for preciso reposicioná-lo para carregamento de outro compartimento, somente seja feito deslocamento do veículo para frente; Desligar o motor e luzes do autotanque; Acionar o freio de estacionamento, deixando o veículo desengrenado; Fechar os vidros e o teto solar; Desligar a chave geral da bateria.

### **7.6.2 Cargamento “Bottom Loading”**

Conectar em primeiro lugar o sistema permissivo de terra e do sensor de nível alto de produto; conectar o mangote do recuperador ou coletor de vapor (caso existente); nos autotanques que possuam visores nas válvulas de descarga, verificar a presença de produto remanescente. Caso exista, deverá ser feita a drenagem do mesmo com o uso de balde de alumínio devidamente aterrado;

Verificar se existe pressão de ar suficiente no sistema pneumático do autotanque para a abertura das válvulas de ventilação superior e de fundo dos compartimentos, e acionar o sistema interlock; Retirar as tampas das conexões de carregamento dos compartimentos; Abrir as válvulas de fundo caso o tanque tenha mecanismo de ativação manual; Conectar os braços de carregamento, de acordo com a ordem de carregamento / produtos / compartimentos passíveis de serem carregados simultaneamente; Para que não tenha gotejamento no piso, se necessário, colocar recipientes metálicos sob as conexões de carregamento. Os recipientes devem ser aterrados.

Antes de iniciar o carregamento, verificar se não há vazamentos de produto ou ar. Verificar as conexões dos braços de carregamento, do aterramento, do recuperador ou coletor de vapor etc. Conferir novamente a capacidade dos compartimentos conectados e os produtos a serem carregados;

Iniciar o carregamento dos compartimentos; verificar se não há vazamento nas válvulas de descarga (nos autotanques que possuem conexões de descarga nos dois lados deverá também ser verificado se não há vazamento no lado oposto ao carregamento);

Terminado o carregamento de um compartimento, confirmar o fechamento da válvula de fundo e desconectar o braço de carregamento; colocar a tampa e o lacre no compartimento

recém-carregado; De acordo com o equipamento de cada autotanque, as escotilhas superiores devem estar bloqueadas ou lacradas; Completado o carregamento do último compartimento, desconectar o recuperador ou coletor de vapor caso existente; Desconectar o sistema permissivo de terra e do sensor de nível alto de produto.



**Figura 7.5 – Carregamento do tipo “Bottom Loading”**

### **7.6.3 Carregamento “Top Loading”**

O motorista deverá conectar o cabo terra no autotanque; certificar que as válvulas de descarga estão fechadas; Certificar que as válvulas de descarga estão fechadas; Operar as válvulas de fundo do compartimento; Para os autotanques de querosene de aviação verificar o completo fechamento da válvula de drenagem; Subir na plataforma de carregamento de autotanques; Colocar o cinto de segurança e conectar o sistema trava-quedas ao cinto de segurança, antes de acessar a escada pantográfica; Baixar a escada pantográfica existentes na plataforma de carregamento e acessar a parte superior do autotanque;

Observar a direção do vento, posicionando-se de forma a não inalar os vapores que emanarão dos compartimentos; Antes de abrir a boca de enchimento do compartimento a ser carregado, acionar as válvulas de alívio de pressão. Se não existirem essas válvulas, as bocas de enchimento deverão ser abertas com precaução de modo a liberar os vapores de forma lenta; verificar visualmente se os compartimentos contêm produtos remanescentes em seus interiores. Em caso positivo, parar a operação e avisar ao supervisor, mantendo aberta apenas a boca do compartimento a ser carregado e fechando as demais; Retirar o caneco de proteção de gotejamento do braço de carregamento e baixar o braço até o fundo do compartimento, assegurando que haja contato com o fundo e a borda do mesmo; Retirar o caneco de proteção de gotejamento do braço de carregamento e baixar o braço até o fundo do compartimento,

assegurando que haja contato com o fundo e a borda do mesmo; Instalar o sensor do redutor de derrames caso existente, ajustando-o de acordo com o tipo de equipamento utilizado no Terminal;

Em instalações com sistemas manuais, inserir a ordem de carregamento e marcar o volume a carregar e voltar ao autotanque, abrir a válvula de fecho rápido do braço de carregamento e posicionar-se sempre a favor do vento;

Ao final do carregamento retirar o sensor do redutor de derrames; Retirar o braço de carregamento, colocar a caneca protetora de gotejamento e colocá-lo em seu suporte; Lacrar a escotilha de carregamento, caso não haja aditivação ou marcação de produto a ser realizada manualmente na plataforma de carregamento ou em outra área interna do Terminal;

Para continuar o carregamento em outro compartimento, repetir os passos anteriores; Finalizado o carregamento, recolher a escada pantográfica; Retirar o cinto de segurança / trava quedas; Descer da plataforma de carregamento através de sua escada, apoiando-se no corrimão; De acordo com o autotanque, operar as válvulas de fundo do compartimento, se necessário, e instalar lacres; Desconectar o cabo terra.

#### **7.6.4 Finalização da operação de carregamento**

Verificar se existem vazamentos no autotanque; caso tudo esteja correto, sair com o autotanque lentamente da plataforma em direção à saída para a liberação.



**Figura 7.6 – Carregamento do tipo “Top Loading”**

## **7.7 Recebimento por Caminhão-Tanque**

Serão apresentados os procedimentos operacionais a serem seguidos na descarga de produtos por autotanque, visando sempre alcançar a segurança e a eficiência operacional.

### **7.7.1 Acesso ao terminal**

Ao chegar no Terminal o motorista deverá: Estacionar o autotanque na área designada para tal; dirigir-se à portaria da entrada do Terminal, onde será verificado se o produto destina-se efetivamente àquela instalação; Documentação fiscal, registros de qualidade e documentos do veículo e do motorista; Capacitação do motorista para realizar a operação;

### **7.7.2 Conferência do Autotanque**

Acionar o freio de estacionamento e desligar o motor; desligar a chave geral de isolamento da bateria; aterrar o autotanque; Subir no autotanque e abrir as escotilhas; Drenar o autotanque; Colher amostras.

### **7.7.3 Sequência de Recebimento**

Após o autotanque ser levado para o local da descarga, o motorista deverá: Acionar o freio de estacionamento e desligar o motor; Desligar a chave geral de isolamento da bateria; Aterrar o autotanque; Verificar atentamente a boca de descarga será utilizada; Conectar o mangote na tubulação da instalação e no autotanque, posicionando um balde de alumínio, conectado ao cabo terra, sob a conexão de descarga; Abrir a tampa da escotilha, mantendo-a semiaberta durante a descarga; Abrir as válvulas da instalação e do autotanque verificando se não há vazamentos; Ligar a motobomba.

### **7.7.4 Final da Descarga**

Desconectar o mangote e escorrer o produto remanescente; desligar a motobomba, se necessário; Drenar o autotanque; Inspeccionar os compartimentos para verificar se eles estão realmente vazios; Fechar a tampa dos compartimentos; Desconectar o cabo terra; Fechar as válvulas que foram alinhadas para a operação

## **7.8 Recebimento por Vagão-Tanque**

Serão apresentados os procedimentos operacionais a serem seguidos na descarga de produtos por vagão-tanque, visando sempre alcançar a segurança e a eficiência operacional.

### **7.8.1 Considerações**

Não descarregar vagão-tanque durante tempestades elétricas (ocorrência ou ameaça de raios); Os operadores não deverão portar canetas, isqueiros e outros objetos em bolsos ou presos na camisa, pois os vagões-tanque devem estar livres de objetos perdidos, os quais podem funcionar como coletores de cargas elétricas e virem a gerar centelhamento quando da proximidade das paredes dos tanques.

Verificar o espaço disponível no tanque de armazenagem para o recebimento programado e definir quando possível tanque de apoio; as tubulações de descarga, válvulas e bombas deverão ter clara identificação do produto a que se destinam, de forma a possibilitar correto alinhamento.

Garantir o correto alinhamento do tanque recebedor e assegurar que outros tanques em comum com esta linha de recebimento estejam com suas válvulas de pé e de duplo bloqueio fechadas. Deve ser assegurado que o desvio ferroviário, no interior da instalação, encontra-se eletricamente isolado da linha principal da ferrovia.

Toda a malha ferroviária do desvio deve ser aterrada. Todos os vagões-tanque deverão ser aterrados, com cabos que permitam a inspeção visual de sua continuidade; durante a abertura da escotilha, se houver escapamento de vapor, deixar que todo o vapor se esgote antes de dar prosseguimento à operação. Evitar atrito da escotilha com ferramentas ou equipamentos de aço, para que não haja ocorrência de centelha.

O desvio ferroviário deverá dispor de sistema de bandejas fixas instaladas entre os trilhos e de cada lado destes, de modo a cobrir toda a área ocupada pelos vagões-tanque, para coleta de pequenos vazamentos. As bandejas deverão estar interligadas à rede de drenagem oleosa.

Os equipamentos utilizados para medição de nível, temperatura ou coleta de amostras, construídos de material condutivo, que venham a ser introduzidos nos compartimentos, devem estar no mesmo potencial elétrico que o vagão-tanque. Para isto, deve ser conectado o terminal ou garra do instrumento a qualquer parte metálica (não pintada) do vagão-tanque antes de proceder ao seu uso.



**Figura 7.7 – Aterramento da Plataforma**



**Figura 7.8 – Aterramento Braço**

Todas as plataformas presentes no terminal devem ter toda a sua estrutura devidamente aterradas conforme indicado na figura acima. Além disso, os equipamentos metálicos presentes na operação devem ser interligados e mantidos em um mesmo potencial elétrico para que seja evitado o centelhamento.



**Figura 7.9 – Bastão de Eliminação de Carga Estática**

O bastão de eliminação de carga estática é utilizado sempre que um operador ou motorista precisar acessar a parte superior do caminhão-tanque, assim sendo, ele deverá entrar em contato com o bastão afim de eliminar as cargas indesejáveis presentes na superfície de seu corpo.



**Figura 7.10 – Garra de aterramento**



**Figura 7.11 – Sistema permissivo de aterramento**

Antes de iniciar qualquer análise, carregamento ou descarga na utilização de um caminhão-tanque, o mesmo deve ser obrigatoriamente aterrado através de um sistema permissivo de aterramento que é interligado ao sistema de automação. Este sistema tem a capacidade de bloquear a operação no caso da não utilização da garra de aterramento para realizar a conexão.

### **7.8.2 Verificações antes do início da descarga**

Verificar inicialmente se a válvula interna do vagão está fechada. Caso não esteja, deverá ser fechada, observando se as mesmas não estão emperradas, fechando facilmente e indo até o final do curso;

### **7.8.3 Sequência de recebimento**

Feita a verificação e assegurada a estanqueidade, proceder da seguinte forma: Conferir se os mangotes e os acoplamentos estão em boas condições; proceder ao correto alinhamento das válvulas das linhas de recebimento (linhas / tanques). As válvulas a serem utilizadas no recebimento devem estar identificadas no procedimento local do Terminal;

Verificar se as válvulas da tubulação de recebimento na área de descarga, junto ao mangote, e a válvula externa (quando houver) estão fechadas; Retirar o bujão de saída da tubulação de descarga do vagão-tanque; Conectar o mangote entre o vagão-tanque e a válvula da instalação, de acordo com o produto a ser descarregado; Abrir a válvula interna do vagão e a válvula macho se houver, e verificar se não existem vazamentos nas conexões; Manter a escotilha entreaberta, isto é, apoiada sobre parafusos ou calços, diminuindo a perda por evaporação e isolando o produto das intempéries; Abrir as válvulas da tubulação da instalação junto ao mangote; Iniciar a descarga, acionando o conjunto motobomba;

Durante a descarga observar o tempo de esvaziamento dos vagões, diminuindo, se necessário, a abertura das válvulas dos vagões que estiverem terminando, para evitar a entrada de ar na bomba no término da operação de descarga.



**Figura 7.12 – Aterramento do Desvio Ferroviário**



**Figura 7.13 – Interligação da malha**

Todo o trilho do desvio ferroviário deve ser interligado entre si em conjunto com a malha presente, por ser um local de pouca movimentação de operadores e de alta periculosidade este sistema deve estar sempre bem aterrado.

#### **7.8.4 Acompanhamento da descarga**

A operação deve ser acompanhada do início até o fim, caso o responsável precise se ausentar do local, o mesmo deverá fechar todas as válvulas, desligar as motobombas, desconectar os mangotes e fechar as escotilhas dos vagões-tanque.

#### **7.8.5 Conclusão do recebimento**

Assim que a descarga for concluída: Verificar se o vagão-tanque está totalmente vazio. Se necessário, utilizar um rodo adequado para "varrer" o fundo do vagão, até a retirada total do produto remanescente; fechar manualmente a válvula interna do vagão-tanque; desconectar o mangote do vagão-tanque usando um recipiente devidamente aterrado para coleta de produto remanescente, de modo a evitar derrame no solo; Colocar e apertar o bujão da tubulação de descarga do vagão-tanque; Retirar cuidadosamente todo o produto existente nos mangotes para a tubulação do Terminal; Fechar as válvulas das linhas de descarga; Desligar a motobomba; Fechar a escotilha; Fechar a válvula do tanque receptor; Desconectar o cabo-terra.

### **7.9 Sistema de Aterramento e SPDA**

Serão abordadas definições a respeito de todos os tópicos e sub tópicos descritos acima aplicados à realidade de segurança e prevenção do trabalho nestas instalações.

Conforme dito anteriormente, todos esses métodos de proteção são largamente utilizados nas instalações em que há o manuseio de combustível. Nas figuras abaixo é possível analisar um projeto de SPDA realizado através do método Gaiola de Faraday e dimensionado para uma ilha de carregamento em um Terminal de Distribuição.

## Dimensionamento:

Nível de proteção adotado: I

Largura máxima do módulo da malha: 5m

Espaçamento médio dos condutores de descida: 10m

Os condutores da malha devem possuir a formação: 8 x 5 condutores

Cada módulo da malha terá a dimensão: 4,3 x 5m

Quantidade de descidas: 11

Condutores a serem utilizados: **Captor e anéis intermediários: 35mm<sup>2</sup>**

**Descidas: 16mm<sup>2</sup>** **Eletrodo de aterramento: 70mm<sup>2</sup>**

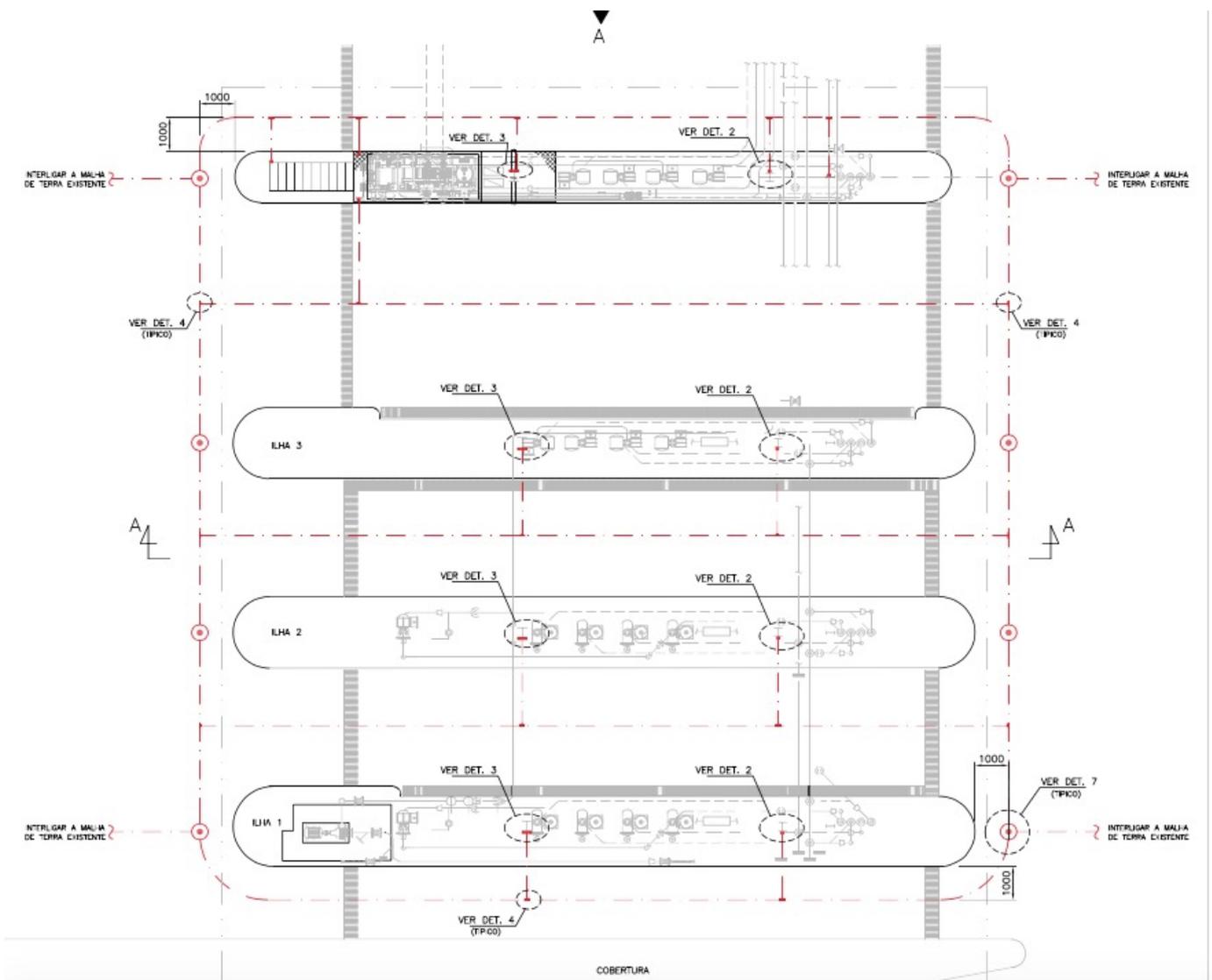


Figura 7.14 – Sistema de SPDA em ilha de carregamento

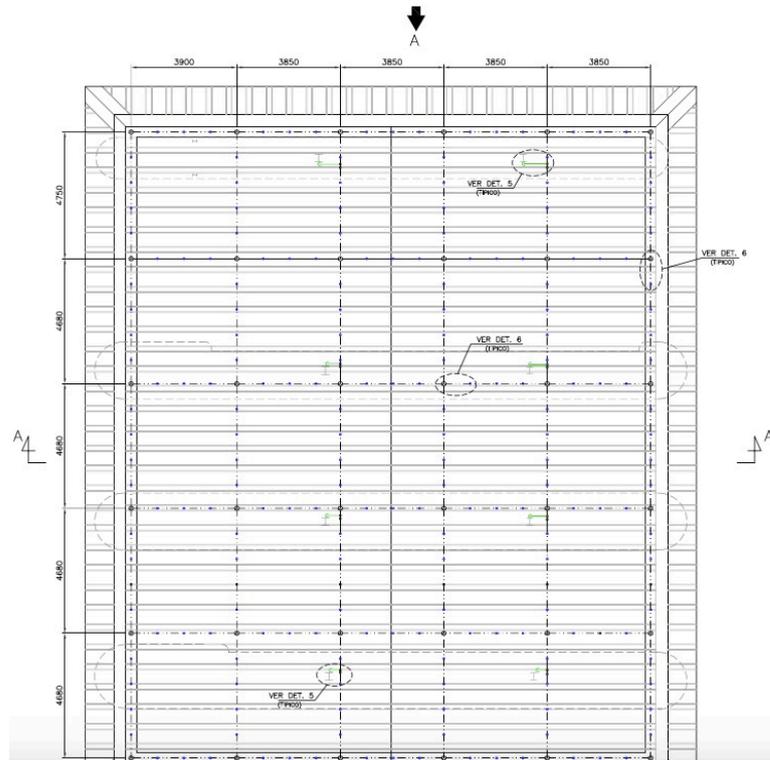


Figura 7.15 – Sistema de SPDA em ilha de carregamento

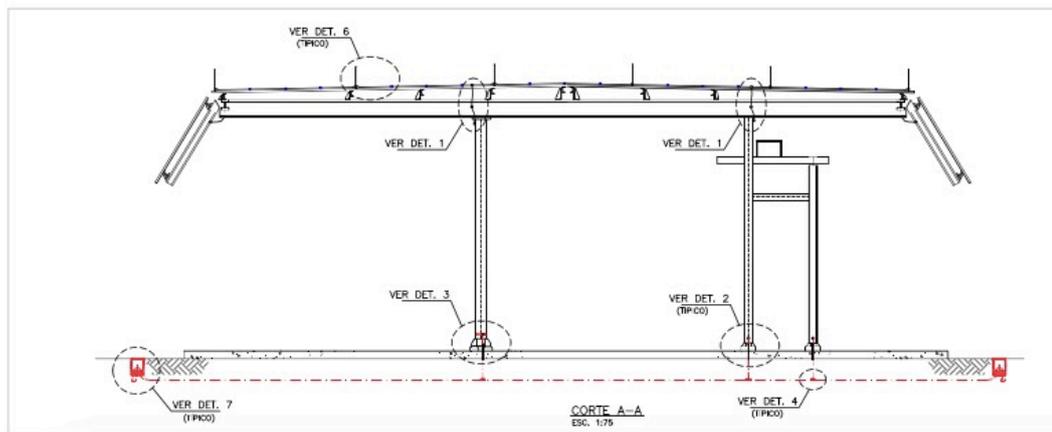
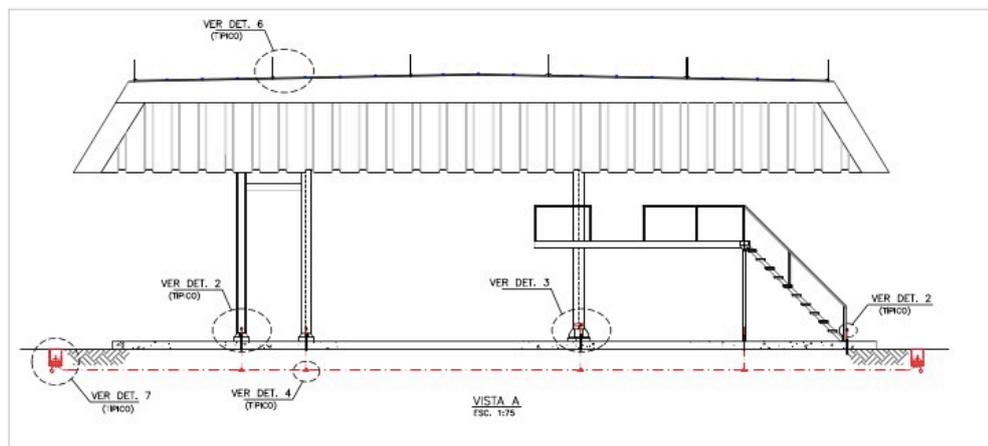


Figura 7.16 – Sistema de SPDA em ilha de carregamento

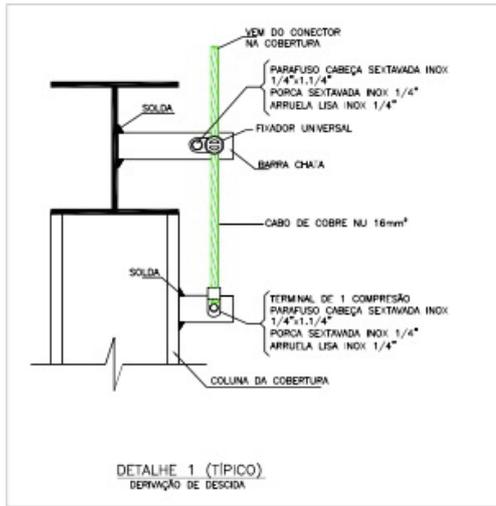


Figura 7.17 – Detalhe 1

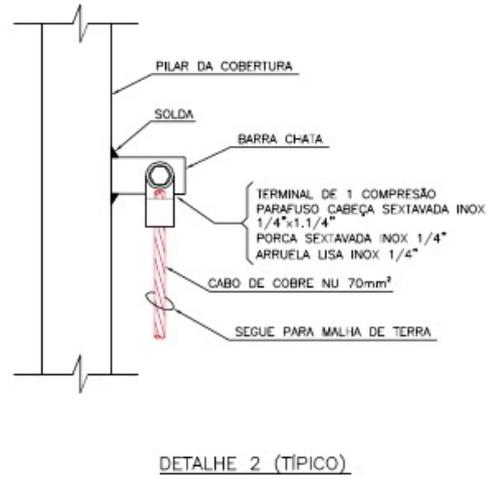


Figura 7.18 – Detalhe 2

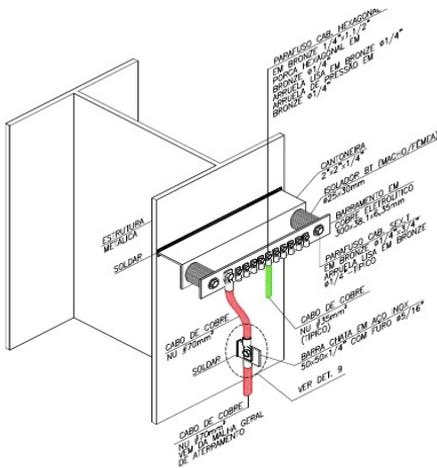


Figura 7.19 – Detalhe 3

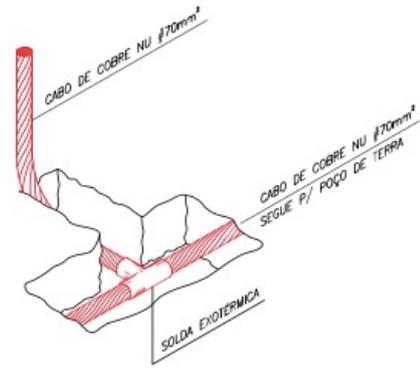


Figura 7.20 – Detalhe 4

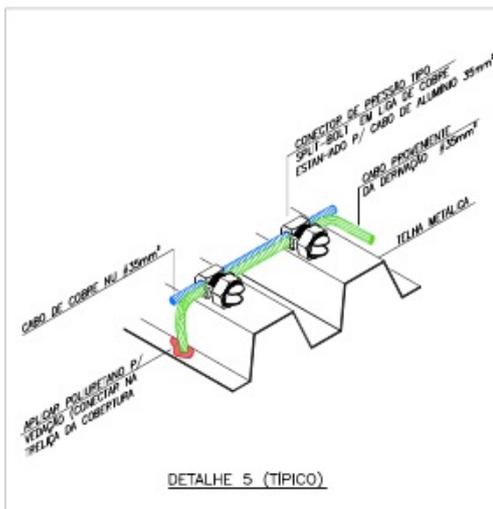


Figura 7.21 – Detalhe 5

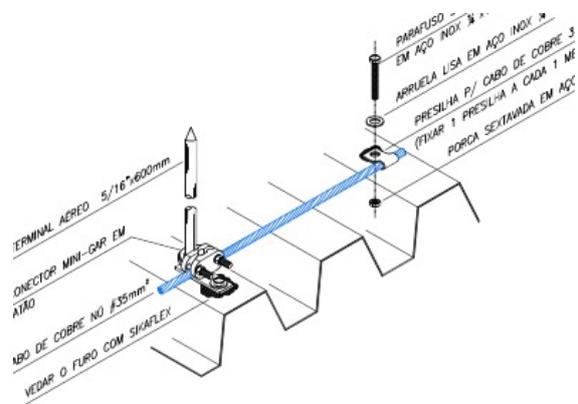
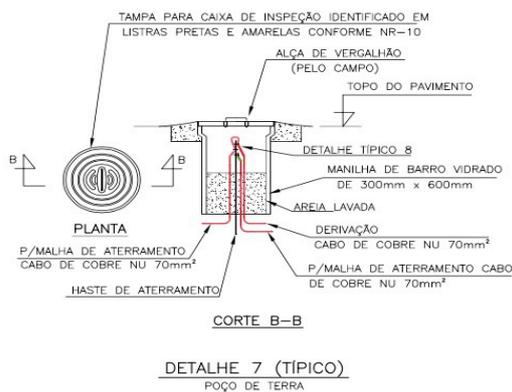
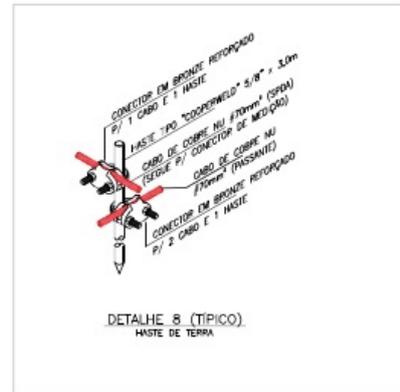


Figura 7.22 – Detalhe 6



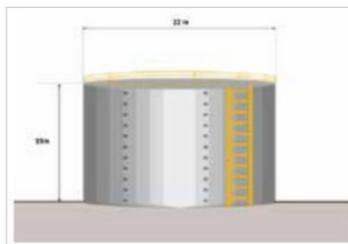
**Figura 7.23 – Detalhe 7**



**Figura 7.24 – Detalhe 8**

- Tanques autoprotégidos e auto-aterrados:

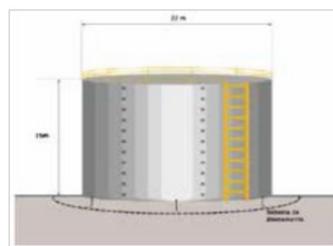
Possuem chapas metálicas na cobertura e nos costados, caso sejam atingidos por alguma descarga atmosférica, não ocorrerá a perfuração e nem a geração de pontos quentes, evitando assim qualquer tipo de explosão ou incêndio. Mesmo possuindo um diâmetro considerável para um bom aterramento, com contato apenas entre o tanque e o solo, é requerida uma malha de aterramento conforme revisão da ABNT 5419-3:2015.



**Figura 7.25 – Tanque auto-aterrado**

- Tanques autoprotégidos com aterramento:

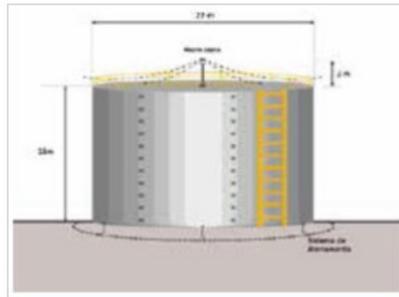
Possuem a mesma configuração dos tanques autoprotégidos e auto-aterrados porém para o aterramento destes tanques, são usadas as técnicas de aterramento descritas na norma. É utilizado um anel de aterramento interligado ao tanque e/ou malha de aterramento interligada à bacia de tanques.



**Figura 7.26 – Tanque autoprotégido com aterramento**

- Proteção externa não isolada:

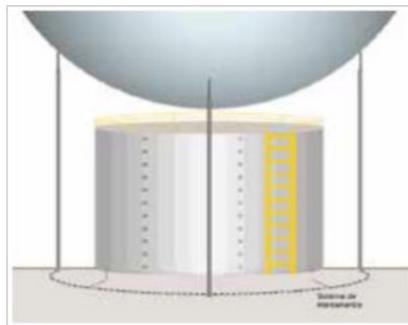
Proteção que consiste na instalação de captosres superiores conectados ao tanque que evitão com que uma descarga atmosférica atinja o tanque, a corrente elétrica de descarga passará apenas pelas partes metálicas do tanque. As partes metálicas existentes como o guarda-corpo soldado pode ser parte integrante do sistema de proteção. Os mastros captosres devem ser fixados de forma a ter uma boa área de contato com a chapa do teto do tanque.



**Figura 7.27 – Tanque com proteção externa não isolada**

- Proteção externa isolada:

Composta por torres afastadas do costado do tanque, o dimensionamento das mesmas deve ser feito de acordo com o método eletromagnético afim de isolar completamente o sistema em relação a uma descarga atmosférica. Método usado quando a espessura da chapa do tanque não suporta a perfuração e nem a geração de pontos quentes perigosos.



**Figura 7.28– Tanque com proteção externa isolada**

## 7.10 Incidente em refinaria

- Refinaria de Paulínia – REPLAN (08/01/1993)

No dia 08 de janeiro de 1993, ocorreu um dos maiores incêndios em refinarias de petróleo no Brasil. Um tanque com capacidade de 15 milhões de litros de óleo diesel foi atingido por um raio em sua superfície ocasionando uma grande explosão seguida de um incêndio. [31]



**Figura 7.29– Combate às chamas do tanque**

Existem duas hipóteses para tal acidente, a primeira delas diz que o raio atingiu a emanção de gases sobre o teto do tanque, advinda do interior do equipamento. A segunda diz que o raio atinge a chapa do teto, aquecendo o ponto de contato (chapa-raio) a uma temperatura ideal para dar ignição aos gases emanados pelo respiro.

Com um total de 12 horas para controle e extinção do fogo, sendo consumidos 4 milhões de litros de óleo diesel, num prejuízo total de cerca de US\$ 1.900.000,00, entre o combustível consumido, combate ao fogo e reparo de equipamento [31].

Diante dos fatos, uma das causas que podem ter ocasionado o incidente é o fato da chapa metálica pertencente ao teto metálico do tanque não ter seguido a espessura mínima indicada na norma brasileira. Outra possibilidade para a explosão seria o descuido de algum operador em deixar a escotilha de medição do tanque aberta, fazendo com que a superfície do tanque se enchesse de vapores.

- Usina de Dois Córregos (17/12/2013)

Um tanque com capacidade para armazenar três milhões de litros de combustível ficou derretido após ter sido explodido e ter entrado em chamas na cidade de Dois Córregos (SP). Como as atividades de obra são constantes em terminais de distribuição, tem-se como hipótese que a faísca de uma solda pode ter sido a causa deste incêndio [32]. Vale ressaltar que para este tipo de atividade, que não é de simples realização, deve ser feita conforme exigências das normas brasileiras e procedimentos internos obrigatórios das empresas.



**Figura 7.30– Bombeiros atuando no resfriamento do tanque**

## 8. POSTOS DE SERVIÇO

Presentes no dia-a-dia de boa parte da população, os postos de combustível devem ser dimensionados e fiscalizados periodicamente por ser um ambiente de grande risco.

### 8.1 Infraestrutura

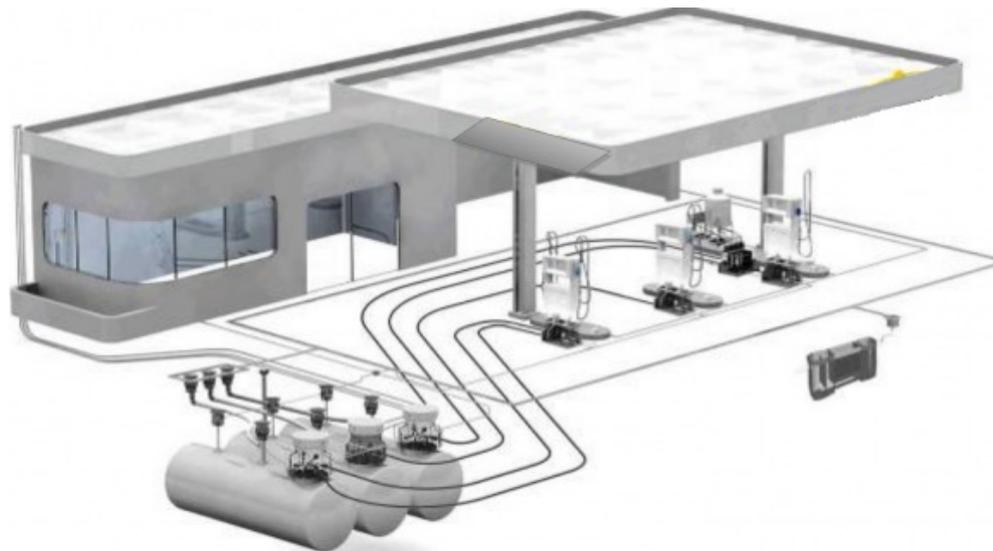


Figura 8.1 – Posto de Serviço

### 8.2 Responsabilidades

- Recebimento de produto
- Teste de estanqueidade
- Transferência de produto
- Abastecimento de veículos com combustíveis líquidos
- Aferição de bombas
- Atendimento de outros itens como (calibragem, conveniência, troca de óleo entre outros)
- Lavagem de veículos
- Orientação de estacionamento
- Controle de qualidade do produto

## 8.3 Operação

Em toda operação de carregamento ou distribuição de combustível devem ser adotadas medidas de eliminação ou minimização de emissão de vapores inflamáveis. Deve-se também ter o total controle da geração, acúmulo e descarga da eletricidade estática.

É imprescindível que seja revisado diariamente com os funcionários dos postos, no início de cada turno preferencialmente, os procedimentos de emergência da instalação. Todo frentista deve ter total conhecimento dos principais itens a serem observados diariamente em relação ao tráfego correto de veículos no interior do posto, abastecimento apenas se o veículo estiver com o motor desligado, proibido fumar e restringir ao máximo conversas ou distrações. [33]

### 8.3.1 Recebimento de Combustível

Operação que traz muitos riscos de acidente ou contaminação caso não seja devidamente realizada. É importante ter cautela nos seguintes aspectos:

- ✓ Compartimentos de entrada e saída (escotilha superior e válvulas dos bocais de descarga) do caminhão tanque devidamente fechados e lacrados;
- ✓ Realizar testes básicos de qualidade (temperatura, densidade, aspecto visual) para cada produto por compartimento
- ✓ Documentação fiscal conforme lei vigente.

Em um primeiro momento, antes do carregamento, será analisada a documentação completa do motorista, caminhão e produto. Feita a verificação, deve-se certificar que há espaço suficiente no tanque do posto para receber a descarga, afim de evitar um derrame. Garantir que não há nenhuma chama/fáisca ou telefone celular próximo à área de descarga; checar as aberturas dos tanques que não serão utilizados, os mesmos devem estar hermeticamente fechados; verificar se as escotilhas de entrada e válvulas de saída estão lacradas e se os lacres apresentam boa aparência, sem indícios de rompimento. Solicitar ao motorista os itens de sinalização para iniciar a descarga (cones, placas de sinalização, extintores, cabo terra para isolamento do autotanque).

O aterramento deve estar isento de tintas, graxas, ferrugem ou qualquer outro tipo de agente que possa impedir a passagem de corrente elétrica. Ligar o cabo ao ponto de descarga do tanque subterrâneo ou a um ponto de aterramento indicado no posto, em seguida ligar a outra extremidade à placa de aterramento do caminhão. Interromper a operação das bombas que estejam ligadas ao tanque de recebimento, a descarga deve ser realizada com apenas um

compartimento por vez. Verificar se o motorista conectou o cachimbo na boca do tanque subterrâneo, conectar o engate rápido do mangote na válvula do compartimento que será descarregado e garantir que o motorista acompanhe toda a operação e não se afaste da área.



**Figura 8.2 – Descarga de produto em posto de serviço**

Para o término da descarga, verificar se o motorista fechou a válvula do caminhão tanque e desconectou o mangote primeiramente do caminhão; solicitar a drenagem do caminhão com o balde de alumínio com cautela; verificar se desconectou o mangote no tanque de armazenamento e fechar a boca de descarga do tanque; desconectar a extremidade do caminhão do cabo terra e em seguida o ponto de descarga do tanque de armazenamento.

### **8.3.2 Abastecimento**

Assim que o consumidor entrar no posto, o frentista deve indicar qual é a bomba mais adequada para realizar o abastecimento, instruir qual a melhor forma de estacionar o veículo. Solicitar ao cliente a abertura do tanque de combustível, mantendo a atenção para nunca deixar a chave de abertura em cima do veículo, a mesma pode ser colocada em cima da bomba ou em alguma bancada. Zerar o totalizador e mostrar ao cliente antes de iniciar o carregamento. Introduzir completamente o bico no tubo de enchimento de forma a haver um bom contato metal com metal, e mantê-lo seguro até o fim do abastecimento. [33]

### 8.3.3 Encerramento do abastecimento

Aguardar o encerramento do abastecimento, esvaziar a mangueira e recolocar imediatamente o bico na bomba, mantendo a mangueira distorcida e fora da área de tráfego. Fechar o tanque e oferecer os demais serviços. Entregar a nota e as chaves ao cliente.

### 8.4 Sistema de aterramento e SPDA

O dimensionamento é dividido em três áreas: a plataforma de abastecimento, edificação (escritório, loja de conveniência, serviços) e suspiros dos tanques de combustível. A plataforma de abastecimento é o local com maior fluxo de carros e pessoas, deve ser composta por uma estrutura metálica com telhas metálicas e pilares metálicos. Proteção via método das malhas (Gaiola de Faraday). As descidas da plataforma devem conter pilares metálicos e contínuos para melhor fluxo das cargas. [34]

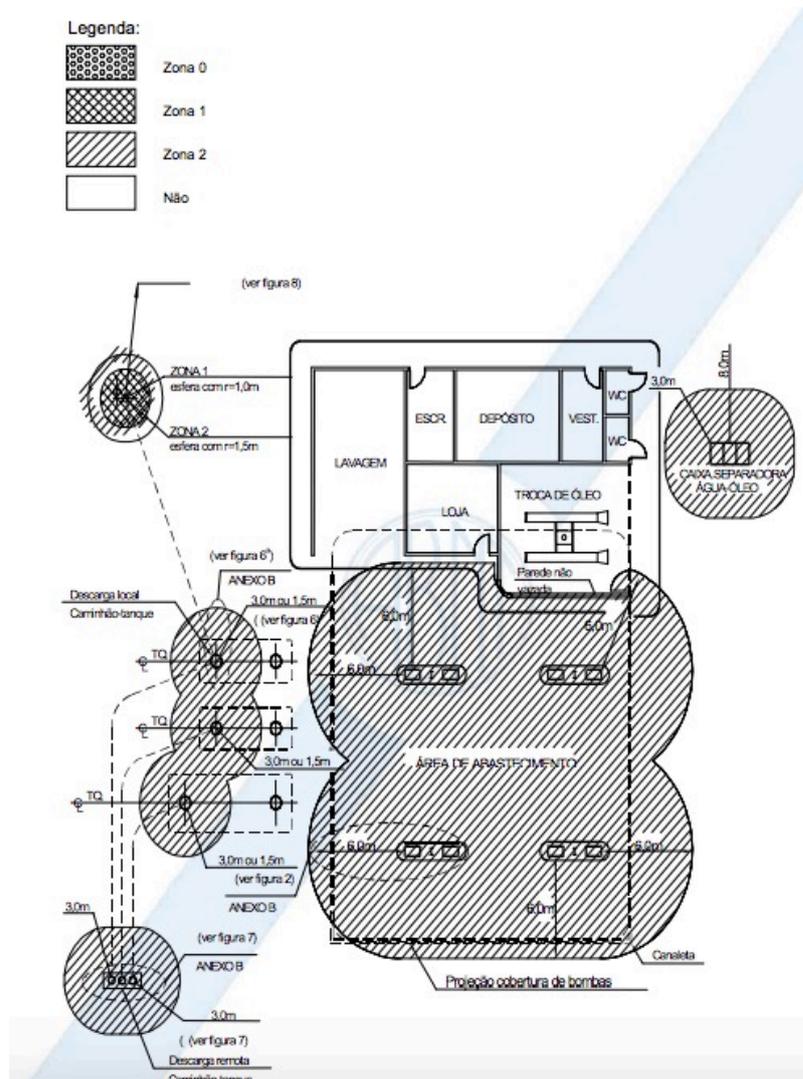


Figura 8.3 – Classificação das áreas

As edificações devem ser protegidas conforme nível 2 de proteção da NBR5419.

**Nível 2:** Destinados às estruturas cujos danos em caso de falha serão elevados ou haverá destruição de bens insubstituíveis e/ou de valor histórico, mas em qualquer caso se restringirão à estrutura e seu conteúdo. Para a captação: Gaiola de Faraday para edificações de alvenaria e concreto. Para as descidas: Instaladas a cada 15 metros de perímetro ao longo de sua periferia [35].

Em relação aos tanques com teto fixo, os seus respiros e válvulas de alívio e demais aberturas que possam desprender vapores inflamáveis, devem ser providos de dispositivos de proteção corta-chama ou ter o volume definido pela classificação de área protegida por um elemento captor; assim, independentemente do local em que se encontram os respiros, deverá ser adotada uma esfera imaginária em torno deles. Essa área deve ser considerada como classificada, com alto potencial de inflamação.

A proteção utilizada deve ser a do método eletro geométrico. Cada respiro deve ser conectado via terra no sistema SPDA. Uma caixa de equipotencialização deve ser instalada em local estratégico (mesma distância entre as malhas) em que serão conectadas outras malhas que possam estar presentes.

O aterramento de proteção deverá ser feito utilizando-se hastes de aço com revestimento de cobre com 254  $\mu\text{m}$  de espessura e cabo de cobre nu de no mínimo 25  $\text{mm}^2$ , enterrado a 0,25 m de profundidade no mínimo (para maiores informações, ver NBR 5410). O diâmetro mínimo da haste deve ser de 15,88 mm. O comprimento mínimo da haste deve ser de 2 400 mm. Todas as partes metálicas expostas devem ser aterradas. Os eletrodutos metálicos de cada ilha de abastecimento devem ser aterrados na caixa de passagem mais próxima através de buchas-terminal, interligadas ao condutor de proteção dos circuitos. As ligações dos condutores de proteção aos equipamentos devem ser feitas com terminais de compressão ou equivalentes [35].

Os condutores de proteção devem ser de cobre nu, ou isolados, se instalados nos mesmos eletrodutos dos circuitos. A resistência entre equipamento, ou qualquer corpo capaz de ficar eletricamente carregado, e a terra não deve ser superior a 10  $\Omega$ . Os ensaios de continuidade dos fios de interligação (antiestáticos) ou do contato elétrico entre partes condutoras de um sistema eletricamente contínuo devem ser realizados com instrumento que forneçam no mínimo corrente de 10 A, devendo-se obter uma resistência de contato inferior a 500  $\text{m}\Omega$  [34]. O ensaio deve ser executado utilizando-se:

- a) instrumento adequado para a área classificada;

b) instrumento comum, na área classificada, desde que fique assegurado, através de monitoramento, durante toda a operação, a inexistência de mistura explosiva no local. O sistema de aterramento deverá ser totalmente interligado através de cabo [34,36].

A equalização de potencial é sempre necessária para instalações elétricas em áreas classificadas. Seu objetivo é evitar o centelhamento perigoso entre as partes metálicas de estruturas. Todas as partes condutoras expostas e estranhas devem ser conectadas ao sistema de ligação equipotencial. Este sistema pode incluir condutores de proteção, eletrodutos, proteções metálicas de cabos, armação metálica e partes metálicas de estruturas, mas não deve incluir condutores de neutro. A condutância entre partes metálicas de estruturas deve corresponder a uma seção mínima de 10 mm<sup>2</sup> de cobre. Se os invólucros e carcaças estiverem firmemente fixados e em contato metálico com as partes estruturais ou tubulações que estejam ligadas ao sistema de ligação equipotencial, não é necessária uma nova ligação independente a este sistema [34].

**Tabela 8.1 – Espessura mínima da cobertura metálica ou de tubulações metálicas utilizadas como captor**

Material	Espessura mm	
	(A) <sup>1)</sup>	(B) <sup>2)</sup>
Aço	4	0,5
Cobre	5	0,5
Alumínio	7	0,5

<sup>1)</sup> Previne contra perfurações e pontos quentes.  
<sup>2)</sup> Não previne contra perfurações e pontos quentes.

## 9. CONCLUSÃO

O estudo de sistemas de proteção para áreas classificadas é desafiador e amplamente aberto a novas pesquisas. Por envolver fatores de risco, a escolha de projeto e dimensionamento da estrutura deve ser completamente adequada. A produção, comercialização e o consumo de combustível no Brasil sempre estará norteados de perigos. Infelizmente ainda existem diversos relatos de incidentes com o envolvimento de eletricidade estática em áreas classificadas.

Tais problemas são devidos à falta de conhecimento e treinamento adequado para os trabalhadores responsáveis pelas operações. É dever de todo cidadão conhecer os riscos que estão presentes principalmente em postos de combustível. Os avisos estão sempre presentes nos estabelecimentos de forma a alertar o consumidor do que não se deve fazer ao entrar em uma atmosfera que contenham tais vapores, mesmo assim, poucas pessoas dão o devido cuidado.

O aterramento tem papel fundamental nos ambientes que contenham vapores ou gases inflamáveis. É o responsável por dissipar as cargas eletrostáticas que ficam presentes nos equipamentos utilizados na operação, nos caminhões-tanque e principalmente na estrutura da instalação. Ao realizarmos o aterramento e a equipotencialização dos componentes de tais locais, é possível minimizarmos as chances de explosão de forma bastante considerável, garantindo assim a segurança das pessoas e do meio ambiente.

### 9.1 Perspectivas e Trabalhos Futuros

Com o aumento do consumo e da demanda imposta pela sociedade, é necessário criar mecanismos mais seguros e confiáveis para o abastecimento e descarga de combustíveis nos postos de serviço, bases de distribuição e refinarias. Sendo assim, como perspectivas e trabalhos futuros, apontamos:

1. Melhorar processos de automação/aterramento que envolvam o carregamento de caminhões-tanque.
2. Elaborar um novo sistema de aterramento, cuja manutenção e fiscalização seja mais viável e rápida para postos de combustível.
3. Levantamento de dados a respeito dos incidentes que estejam envolvidos neste contexto.

## 10. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] <http://petroleo.coppe.ufrj.br/historia-do-petroleo/>
- [2] <https://tecnicoeminerao.com.br/extracao-do-petroleo-e-gas/>
- [3] <http://www.petrobras.com.br/pt/nossas-atividades/areas-de-atuacao/refino/>
- [4] <http://brasilecola.uol.com.br/quimica/combustivel.htm>
- [5] <https://mundoeducacao.bol.uol.com.br/quimica/combustiveis.htm>
- [6] <http://www.engquimicasantosp.com.br/2016/09/o-que-e-ponto-de-fulgor.html>
- [7] <http://www.intertox.com.br/elaboracao-revisao-adequacao-e-avaliacao-de-fispq-sds-fds>
- [8] <http://blogdecorwatts.com/cabos-fios/tipos-de-eletrrodutos-como-escolher/>
- [9] <http://www.prevencaonline.net/2013/11/o-que-significa-intrinsecamente-seguro.html>
- [10] NR 20 - <http://www.guiatrabalhista.com.br/legislacao/nr/nr20.htm>
- [11] <https://www.institutosc.com.br/web/blog/fonte-de-ignicao-e-seu-controle>
- [12] ABNT NBR 17505-5 – Armazenamento de líquidos inflamáveis e combustíveis, Parte 5 - Operações
- [13] <http://mundoeducacao.bol.uol.com.br/fisica/manifestacoes-eletricidade-estatica.htm>
- [14] <http://www.ebah.com.br/content/ABAAAfjqYAI/apostila-circuitos-eletricos>
- [15] HALLIDAY, David, Resnik Robert, Krane, Denneth S. Física 3, volume 2, 5 Ed. Rio de Janeiro: LTC, 2004. 384 p.

- [16] <https://www.infoescola.com/eletricidade/processos-de-eletrizacao/>
- [17] <http://66.7.216.136/~petroblog/wp-content/uploads/Controle-de-Energia-Eletr%C3%A1tica-em-Tanques-de-Armazenamento.pdf>
- [18] <http://www.feis.unesp.br/Home/departamentos/engenhariaeletrica/aterramento.pdf>
- [19] VISACRO FILHO, Silvério, Aterramentos Elétricos, conceitos básicos técnicas de medição e instrumentação, filosofias de aterramento – São Paulo: Artliber Editora, 2002
- [20] <http://www.feng.pucrs.br/~fdosreis/ftp/medidasmd/AterramentoSP.pdf>
- [21] ALVES CRUZ, Eduardo, Instalações elétricas, primeira edição, Ed. Érica
- [22] <http://www.getrotech.com.br/Artigos/aterramento/>
- [23] <https://tel.com.br/equipotencializacao-indireta-de-partes-metalias-da-instalacao/>
- [24] ABNT NBR 5419-3:2015 – Proteção contra Descargas Atmosféricas, Parte 3: Danos físicos a estruturas
- [25] <http://cargaengenharia.com.br/servico/aterramento-em-posto-de-abastecimento-spda/>
- [26] <https://www.mundodaeletrica.com.br/gaiola-de-faraday-o-que-e-qual-a-sua-aplicacao/>
- [27] [http://www.fis.unb.br/gefis/index.php?option=com\\_content&view=article&id=209&Itemid=328](http://www.fis.unb.br/gefis/index.php?option=com_content&view=article&id=209&Itemid=328)
- [28] [https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/2589375/mod\\_resource/content/1/ecv5317\\_apostila\\_da%20%281%29.pdf](https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/2589375/mod_resource/content/1/ecv5317_apostila_da%20%281%29.pdf)
- [29] ABNT NBR 5419-1:2015 – Proteção contra descargas atmosféricas, Parte 1: Princípios gerais

[30] ABNT NBR 5419-2:2015 – Proteção contra Descargas Atmosféricas, Parte 2:  
Gerenciamento de risco

[31] <http://inspecaoequipto.blogspot.com/2013/07/caso-029-raio-e-incendio-na-replan-1993.html>

[32] <http://g1.globo.com/sp/bauru-marilia/noticia/2013/12/explosao-destroi-tanque-de-etanol-com-capacidade-de-3-milhoes-de-litros.html>

[33] <https://www.brasilpostos.com.br/noticias/gerenciamento-do-posto/operacao-do-posto-exige-procedimentos-preestabelecidos/>

[34] ABNT NBR 14639\_2001 - Posto de Serviço - Instalações elétricas

[35] <https://www.osestoreletrico.com.br/sistema-de-protecao-contradescargas-atmosfericas-em-postos-de-combustiveis/>

[36] ABNT NBR 5410:2004 – Instalações elétricas de baixa tensão