

Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto



**Proteção de um edifício industrial contra os
efeitos das descargas atmosféricas**

Flávio André da Silva Ribeiro

VERSÃO FINAL

Dissertação realizada no âmbito do
Mestrado Integrado em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores
Major Energia

Orientador: Professor Doutor António Carlos Sepúlveda Machado e Moura
Coorientador: Engenheiro António Ângelo Pinheiro

Julho de 2012

Resumo

As descargas atmosféricas são responsáveis por algumas das maiores ações de destruição existente no planeta, isto porque são imprevisíveis tanto no período em que ocorrem, como no local onde acontecem. Tratando-se de um fenómeno natural, as consequências associadas a estas são, por norma, absolutamente devastadoras e em muitas situações irreversíveis.

Atualmente muitos agentes de decisão olham para este fenómeno com elevado sentido crítico, admitindo a necessidade de adotar medidas na tentativa de reduzir os efeitos associados.

Ao longo deste projeto é analisada detalhadamente a origem, formação e caracterização das descargas atmosféricas, sendo ainda apresentados diversos exemplos representativos da sua capacidade de destruição.

São também abordados e sintetizados os regulamentos existentes e destinados a normalizar os métodos, procedimentos e resultados alcançados quando são tomadas medidas no sentido de proteger uma estrutura.

Todos os conhecimentos adquiridos com este estudo são aplicados na análise do sistema de proteção contra descargas atmosféricas e fenómenos associados existente numa Estação Tratamento de Águas Residuais que se encontra atualmente a ser explorada pela empresa LUSÁGUA-SERVIÇOS AMBIENTAIS, SA. São identificados todos os elementos constituintes do mesmo e abordada a necessidade de retificar/otimizar alguns dos pontos sensíveis da instalação.

No final do documento são apresentadas as conclusões alcançadas, assim como identificadas algumas considerações e perspetivas que poderão ser objeto de estudo num trabalho a realizar no futuro.

Palavras-chave: Descargas Atmosféricas; Sobretensões; Segurança; Proteção; Danos; Regulamentação; Pessoas; Estruturas.

Abstract

Lightning is one the most destructive forces of the planet due to the fact of containing large amounts of energy and being impossible to predict where or when it will happen. For a natural phenomenon, the consequences are usually, absolutely devastating and in many cases irreversible.

Nowadays, many decision makers look at this phenomenon with high critical sense, acknowledging the need to adopt measures to try to reduce the effects associated with it.

This project analyses in detail the origin, formation and characterization of lightning, and also presents several representative examples of its capacity of destruction.

It also analyses and summarizes the existing regulations, which were developed with the objective of providing standard methods, procedures and results achieved when specifying and implementing the measures needed to protect a structure.

All knowledge acquired from reading and analyzing the above mentioned regulations is then applied in the analysis of the protection system against lightning and associated phenomena that exists in a Wastewater Treatment Plant which is currently being explored by LUSÁGUA-SERVIÇOS AMBIENTAIS, SA All the system components are identified and the need to amend/optimize some sensitive points of the installation is also addressed.

In the end of the document, the conclusions are presented to the reader, as well as some additional considerations and possible improvements which could be implemented in the future.

Keywords: *Lightning; Surge; Security; Protection; Damage; Regulations; People; Structures.*

Agradecimentos

Foram muitas as pessoas que me ajudaram na concretização deste projeto e a quem eu muito agradeço. Sei que ao particularizar estes agradecimentos irei certamente omitir alguém, contudo existem algumas pessoas que pelos mais variados motivos, tenho por imposição da minha própria consciência que as invocar.

Assim queria agradecer ao Prof. Dr. António Machado e Moura toda a amizade e aconselhamento que me foi prestando desde o 1º dia em que o procurei. A sua experiência, profissionalismo e relacionamento com as pessoas que o rodeiam são uma lição que espero adotar e reproduzir ao longo da minha vida. Foi uma honra trabalhar consigo.

De igual modo, agradeço ao Eng.º Ângelo Pinheiro, Dr. Paulo Resende, Eng.ª Alexandra Silva, Eng.º João Garcia e toda a estrutura que representam na empresa LUSÁGUA-SERVIÇOS AMBIENTAIS, SA, toda a seriedade, disponibilidade, ajuda e respeito que sempre demonstraram. Foram todos inexcusáveis e sem a cooperação de todos seria impossível a conclusão deste estudo.

Um agradecimento muito especial ao Eng.º José Marques pela forma como cooperou comigo desde o início. Foi de um profissionalismo, amizade e honestidade inigualáveis. Fico-lhe imensamente agradecido pela partilha de conhecimentos e experiências.

Endereço ainda um sentido agradecimento à Sandra Batista e Vera Ventura sem as quais nunca teria encontrado uma forma de conciliar o meu emprego com este estudo. Nunca esquecerei a ajuda, solidariedade, amizade e respeito com que me trataram.

Para finalizar, mas sem menosprezar, queria agradecer à minha Família onde englobo, para além dos meus pais, namorada (Sandra Santos), irmão e “irmã” (Márcia Cardoso), alguns amigos pela forma como nunca me deixaram desistir mesmo quando as forças eram poucas e os desafios enormes. A energia e coragem que me transmitiram, permitiu-me hoje, depois de todas as adversidades, concretizar o meu sonho. Este triunfo também vos pertence...

Índice

Resumo	3
<i>Abstract</i>	5
Agradecimentos	7
Índice.....	9
Lista de figuras	13
Lista de tabelas	17
Abreviaturas e Símbolos	xix
Capítulo 1	1
Introdução.....	1
1.1 - Objetivos da Dissertação	2
1.2 - Estrutura da Dissertação.....	2
1.3 - <i>Software</i> Utilizado.....	3
Capítulo 2	5
Descargas Atmosféricas.....	5
2.1 - Formação das Nuvens de Trovoada	5
2.2 - Origem e Tipos de Descarga	7
2.3 - Caracterização das Descargas Atmosféricas	8
2.3.1 - Sentido de Descarga	8
2.3.2 - Polaridade	8
2.2.2 - Amplitude e Forma de Onda.....	9
2.4 - Sobreensões de Origem Atmosférica	14
2.4.1 - Efeitos Impacto Direto de uma Descarga Atmosférica.....	17
2.4.2 - Efeitos Impacto Indireto de uma Descarga Atmosférica.....	18
2.5 - Consequências das Descargas Atmosféricas e efeito das Sobreensões	19
2.5.1 - Efeitos Destrutivos	21
2.5.2 - Exemplos dos Efeitos Destrutivos.....	21
Capítulo 3	25
Regulamentação: Origem e Evolução	25
3.1 - Origem	25
3.2 - Portugal e as Normas.....	28
3.2.1 - Vantagens e Desvantagens.....	29

3.3 - Empresas Especializadas	30
Capítulo 4	33
Metodologia para a implementação de um sistema de proteção contra descargas atmosféricas segundo a norma IEC (EN) 62305	33
4.1 - Princípios Gerais.....	33
4.2 - Análise de Risco.....	39
4.2.1 - Avaliação benefício-custo de implementação das medidas de proteção escolhidas.....	42
4.3 - Sistema Proteção contra Descargas Atmosféricas	42
4.3.1 - Nível de proteção	43
4.3.2 - Pára-Raios	43
4.3.2.1 - Captadores.....	43
4.3.2.2 - Condutores de Descida	47
4.3.2.3 - Elétrodo de Terra.....	48
4.3.3 - Ligação Equipotencial.....	50
4.4 - Proteção efeitos indiretos das Descargas Atmosféricas	53
4.4.1 - Descarregadores de Energia.....	53
4.4.1.1 - Características dos Descarregadores de Energia	53
4.4.1.2 - Instalação e Tipos de Descarregadores de Energia	54
4.4.2 - Descarregadores de Sinal.....	56
Capítulo 5	59
Caso em Estudo: Apresentação de Empresa e Local Trabalho, e Descrição Sistema Proteção Instalado.....	59
5.1 - LUSÁGUA-SERVIÇOS AMBIENTAIS, SA	59
5.1.1 - Apresentação	59
5.1.2 - Missão	61
5.1.3 - Política Qualidade	62
5.2 - Local de Estudo	62
5.2.1 - Instalação elétrica da ETAR.....	63
5.2.2 - Caracterização do SPDA instalado	65
5.2.3 - Caracterização do SPST instalado.....	69
5.2.4 - Análise do sistema de proteção existente.....	72
Capítulo 6	79
Conclusão	79
6.1 - Perspetiva de Trabalho Futuro.....	80
Referências	81
Anexo I - Fluxograma Sistema de Proteção contra descargas atmosféricas completo - SPDA	85
Anexo II - Fluxograma com as etapas para projetar um Sistema de Proteção contra os efeitos das sobretensões - SPST.....	89
Anexo III - Fluxograma com Procedimento para avaliar a relação custo-benefício das medidas de proteção.....	93
Anexo IV - Fluxograma com Procedimento decidir acerca da necessidade de implementação de um sistema proteção e para selecionar as medidas correspondentes a implementar.....	97
Anexo V - Diagrama de Quadros	101

Anexo VI - Esquema do Traçado de ligação Terra	105
Anexo VII - Características dos elementos constituintes do SPDA.....	109
Anexo VIII - Características dos DST instalados	119
Anexo IX - Características dos DST sugeridos.....	125
Anexo X - Orçamento de implementação das alterações sugeridas para o sistema SPST instalado	135

Lista de figuras

Figura 2.1 - Distribuição e Organização das Cargas em Nuvens [5]	6
Figura 2.2 - Nuvem cúmulo-nimbo e campo elétrico provocado no solo [34].....	6
Figura 2.3 - Traçador Negativo Descendente Normal (esquerda) e Traçador Positivo Descendente (direita) [7]	9
Figura 2.4 - Traçador Negativo Ascendente (esquerda) e Traçador Positivo Ascendente (direita) ambos com origem numa estrutura elevada. [7]	9
Figura 2.5 - Gráfico com a probabilidade acumulada das amplitudes da corrente de descarga [1,17]	10
Figura 2.6 - Formas de onda da descarga obtidas no <i>Mont San Salvatore</i> , Suíça [5]	11
Figura 2.7 - Forma de onda côncava sugerida pela CIGRÉ [1,17]	12
Figura 2.8 - Distribuição das amplitudes das correntes de descarga [5]	14
Figura 2.9 - Sobretensões transitórias: 1) quebras de tensão/breves interrupções, 2) harmónicos causados por oscilações de tensão lentas e rápidas, 3) aumentos de tensão temporários, 4) sobretensões de manobra, 5) sobretensões por descargas atmosféricas [16].....	15
Figura 2.10 - Mapa Isocerâunico de Portugal [9]	15
Figura 2.11 - Distribuição da corrente de raio - impacto direto [4]	17
Figura 2.12 - Representação da onda 10/305 μ s e 8/20 μ s [32]	18
Figura 2.13 - Efeitos do Impacto Indireto das descargas Atmosféricas [6]	18
Figura 2.14 - Percentagem associada aos danos causados pelas descargas atmosféricas em comparação com a totalidade de danos registados [6].....	19
Figura 2.15 - Gráfico representativo das origens dos danos ocorridos em equipamentos eletrónicos no ano de 2005.....	20
Figura 2.16 - Representação do raio fictício com 2km em torno do ponto onde ocorreu a descarga atmosférica [6]	20
Figura 2.17 - Reservatório de petróleo a arder, <i>New Jersey</i> (1996) [6].....	22

Figura 2.18 - Reservatório gasolina completamente destruído, <i>Karlsruhe</i> (1965) [6].....	22
Figura 2.19 - Efeito das descargas atmosféricas numa habitação, <i>Holanda</i> (1986) [6]	23
Figura 2.20 - Quadro elétrico queimado [6]	23
Figura 2.21 - Transformador de 100kV destruído pelo efeito das descargas atmosféricas, <i>Holanda</i> (1983) [6].....	23
Figura 2.22 - Circuitos impressos destruídos por efeito de descargas atmosféricas [6]	23
Figura 3.1 - Estrutura simplificada da normalização promovida pelo IEC TC 81 [4,6]	25
Figura 3.2 - Estrutura completa da normalização promovida pelo IEC TC 81, datada de 1999 [6].....	26
Figura 3.3 - Organização por partes da norma IEC (EN) 62305 [11]	27
Figura 3.4 - Exemplo de Gaiola de Faraday (Malha captadora com hastes de Franklin) [4]...	29
Figura 3.5 - Exemplo de Pára-Raios Ionizante [24].....	30
Figura 4.1 - Tipos de perdas e correspondentes riscos resultantes de diferentes tipos de danos.....	34
Figura 4.2 - Tipos de perdas e correspondentes riscos resultantes de diferentes tipos de danos [11]	35
Figura 4.3 - Valores máximos dos parâmetros do raio de acordo com os níveis de proteção contra descargas [11]	36
Figura 4.4 - Valores mínimos dos parâmetros das descargas e raio da esfera correspondente ao nível de protecção contra descargas [11]	36
Figura 4.5 - Zonas proteções definidas para um SPDA	37
Figura 4.6 - Zonas proteções definidas para um SPST [11].....	37
Figura 4.7 - Valores esperados de corrente de sobretensões em sistemas de alimentação [11]	38
Figura 4.8 - Valores esperados de corrente de sobretensões em sistemas de telecomunicações [11].....	38
Figura 4.9 - Fatores que influenciam as componentes de risco [12]	41
Figura 4.10 - Relação entre os níveis de proteção contra descargas e dos SPDA [13]	43
Figura 4.11 - Exemplo da forma de proteção do método de Hastes Verticais (tipo Franklin) [13]	44
Figura 4.12 - Valores máximos do raio da esfera, largura de malha e ângulo de proteção correspondente ao nível de SPDA [13]	45
Figura 4.13 - Exemplo de aplicação do método Eletrogeométrico (esfera fictícia) [13]	46
Figura 4.14 - Exemplo dos diversos tipos de captadores [28]	47

Figura 4.15 - Distância típica entre condutores de descida, de acordo com o nível de proteção que adota [13]	48
Figura 4.16 - Exemplo de uma instalação do tipo “em anel” [8].....	49
Figura 4.17 - Comprimento mínimo (I1) de cada eletrodo terra em relação à resistividade do solo, de acordo com o nível de proteção e a resistividade por metro.[13]	49
Figura 4.18 - Exemplo de uma instalação “radial” [28].....	50
Figura 4.19 - Esquema ligação sistema TT [29].....	51
Figura 4.20 - Esquema ligação sistema TN-C [29].....	52
Figura 4.21 - Esquema ligação sistema TN-S [29]	52
Figura 4.22 - Esquema ligação sistema IT [29]	52
Figura 4.23 - Capa do catálogo 2010/2011 do fornecedor DEHN para proteção de sobretensões. [35]	55
Figura 5.1 - Organização AQUAPOR-SERVIÇOS, SA [19]	60
Figura 5.2 - Organização LUSÁGUA-SERVIÇOS AMBIENTAIS, SA [19]	61
Figura 5.3 - Perfil de montagem de SPDA	66
Figura 5.4 - Representação da ligação do SPDA à estrutura a proteger.....	67
Figura 5.5 - Representação da ligação “radial” existente.....	68
Figura 5.6 - Ilustração de ligação equipotencial	68
Figura 5.7 - Exemplo de DST (modelo ABB OVR HL 15-275 C) instalado na ETAR [31].....	69
Figura 5.8 - Verificação do estado de funcionamento do DST do fabricante ABB [31]	71
Figura 5.9 - Corrosão no fixador de condutor de descida	76

Lista de tabelas

Tabela 2.1 - Número Médio de Dias com Trovoada na Região do Porto [9]	16
Tabela 4.1 - Origem dos danos associadas a Descargas Atmosféricas [11]	34
Tabela 4.2 - Tipos de Danos associadas a Descargas Atmosféricas [11].....	34
Tabela 4.3 - Tipos de Perdas associadas a Descargas Atmosféricas [11].....	34
Tabela 4.4 - Tipos de Perdas associadas a Descargas Atmosféricas [11].....	35
Tabela 4.5 - Zonas proteções associadas a Descargas Atmosféricas [11]	36
Tabela 4.6 - Transição entre zonas proteções associadas a sobretensões [14,22]	54
Tabela 5.1 - Listagem e identificação dos Quadros Elétricos	64
Tabela 5.2 - Captador aplicado [15].....	66
Tabela 5.3 - Condutores de descida - Componentes aplicados	67
Tabela 5.4 - Elétrodo terra - Componentes aplicados [15]	68
Tabela 5.5 - Elementos associados à ligação equipotencial [15]	69
Tabela 5.6 - Listagem de DST instalados [31].....	70
Tabela 5.7 - Identificação das zonas (LPZ) implementadas na ETAR [31]	71
Tabela 5.8 - Listagem de Fusíveis associados aos DST [31].....	72
Tabela 5.9 - Dimensão ETAR.....	72
Tabela 5.10 - Distribuição de pessoas pelas zonas (LPZ) definidas	73
Tabela 5.11 - Valores análise de risco no caso de SPDA nível I.....	73
Tabela 5.12 - Valores análise de risco no caso de SPDA nível II	74
Tabela 5.13 - Valores análise de risco no caso de SPDA nível III	74
Tabela 5.14 - Valores análise de risco no caso de SPDA nível IV	75

Tabela 5.15 - Listagem de DST's de energia propostos para zona (LPZ) 3 da instalação em análise	77
Tabela 5.16 - Listagem de DST's de energia propostos para zona (LPZ) 1 e 2 da instalação em análise.....	77
Tabela 5.17 - Listagem de DST's de energia propostos para aplicação direta nas tomadas ...	78
Tabela 5.18 - Listagem de DST's de sinal propostos para instalação em análise	78
Tabela 6.1 - Resumo das alterações propostas no SPST na ETAR	80

Abreviaturas e Símbolos

Lista de abreviaturas (listado por ordem alfabética)

AdP	Águas de Portugal
ADSL	<i>Asymmetric Digital Subscriber Line</i>
APCER	Associação Portuguesa de Certificação
AT	Alta Tensão
BAT COND	Baterias Condensadores
BT	Baixa Tensão
CCTV	Circuito Fechado de TV
CENELEC	<i>European Committee for Electrotechnical Standardization</i>
CIGRÉ	<i>International Council on Large Electric Systems</i>
CREL	Circular Regional Externa de Lisboa
DC	Corrente Continua
DGGE	Direção Geral de Geologia e Energia
DL	Decreto-Lei
DST	Dispositivo Proteção contra Sobreensões
Ed	Edifício
EMER	Emergência
EN	Norma Europeia
ETAR	Estação Tratamento Águas Residuais
IEC	Comité Internacional de Eletrotécnica
IVA	Imposto Valor Acrescentado
LDA	Limitada
LPL	Níveis de Proteção contra Descargas Atmosféricas
LPZ	Zonas de Proteção contra Descargas Atmosféricas
MT	Média Tensão
NDTROV	Número Médio de Dias de Trovoada
NP	Norma Portuguesa

PT	Posto Transformação
QE	Quadro Elétrico
QGBT	Quadro Geral de Baixa Tensão
SA	Sociedade Anónima
SGPS	Sociedade de Gestão de Participações Sociais
SPDA	Sistema Proteção contra Descargas Atmosféricas
SPST	Sistema Proteção contra Sobretensões
TC	Comité Técnico
UE	União Europeia
UPS	Fonte de alimentação ininterrupta

Lista de símbolos (listado por ordem alfabética)

A	<i>Ampere</i>
C	<i>Coulomb</i>
d	Dia
€	Euro
h	Hora
HE	Habitantes Equivalentes
J	<i>Joule</i>
kA	<i>kiloAmpere</i>
km	Quilómetro
kV	<i>kiloVolt</i>
kVA	<i>kiloVoltAmpere</i>
kW	<i>kiloWatt</i>
m	metro
MJ	<i>MegaJoule</i>
mm	Milímetro
s	Segundo
V	<i>Volt</i>
Vcc	<i>Voltage Current Alternated</i>
VDC	<i>Voltage Direct Current</i>
ms	Milissegundo
W	<i>Watt</i>
Ω	<i>Ohm</i>

Capítulo 1

Introdução

Fundamental em qualquer projeto que envolva instalações elétricas, a segurança de pessoas e equipamentos tem de ser encarada como uma prioridade. Uma das maiores ameaças a essa segurança consiste nas denominadas descargas atmosféricas. A origem destas, a forma aleatória como atuam e a sua capacidade, associada ao poder de destruição que lhes é reconhecido, faz com que este fenómeno natural não possa ser nunca ignorado, sob pena de gerar uma série de consequências devastadoras.

A melhor forma de proteção contra estas ameaças, consiste em identificar as vulnerabilidades em estruturas e, nesses pontos, implementar dispositivos com a capacidade de capturar, direcionar e escoar a corrente proveniente dessa descarga atmosférica até ao solo, em condições de segurança.

Esta necessidade não é apenas aconselhada mas sim obrigatória, por força de um regulamento internacional (IEC) que determina orientações quanto à necessidade de deteção e proteção contra este tipo de fenómenos, quer estes incidam na própria estrutura ou a alguma distância da mesma.

Para além dos danos diretos associados a estes defeitos, existem ainda os efeitos indiretos que atingem alguns sectores económicos e que leva em muitos casos a que os prejuízos sejam muito superiores aos causados diretamente pela descarga. Estes têm origem nas naturais interrupções para manutenção e reparação das estruturas, fazendo com que se torne fundamental a implementação de medidas de proteção contra este fenómeno natural.

Ao longo deste projeto, serão verificadas quais são, qual o seu estado e se serão suficientes, as medidas, procedimentos e equipamentos que estão neste momento aplicados para proteção deste tipo de fenómenos, numa instalação explorada pela empresa LUSÁGUA-SERVIÇOS AMBIENTAIS, SA - grupo AQUAPOR.

A instalação em questão foi remodelada em 2008, sendo necessário confirmar todo este sistema uma vez que a norma internacional (IEC 62305) seguida nestas situações foi reestruturada em 2010.

1.1 - Objetivos da Dissertação

A realização desta dissertação tem como objetivo o estudo e análise das proteções de uma estação de tratamento de águas residuais, explorada pela empresa LUSÁGUA-SERVIÇOS AMBIENTAIS, SA, contra os efeitos das descargas atmosféricas segundo as diretivas das Normas IEC 62305.

Ao longo desta análise são avaliados convenientemente, os recursos e procedimentos que estão implementados atualmente. No final serão apresentadas as respetivas conclusões e sugestões fundamentadas no sentido de melhorar a eficiência, segurança e rentabilidade junto deste parceiro.

É expectável que existam alterações e melhorias a apresentar, uma vez que a norma que sustenta este estudo (IEC 62305) é data de 2010, e as implementações no cliente são anteriores (2008).

1.2 - Estrutura da Dissertação

A presente dissertação encontra-se dividida em seis capítulos.

Neste primeiro capítulo é feita uma introdução ao tema da dissertação, sendo apresentados os objetivos da mesma e as ferramentas utilizadas para a concretização desta.

No capítulo 2 é realizada uma caracterização das descargas atmosféricas, desde a origem e formação destas, até às características fundamentais de tais fenómenos. São ainda apresentadas algumas consequências associadas, assim como exemplos de danos que este tipo de descargas potencializa.

No capítulo 3 é abordada a legislação existente internacionalmente, fazendo uma analogia ao regime normativo existente em Portugal. Em seguida é realizada uma contextualização com as vantagens e desvantagens dos sistemas invocados e elaborada uma apresentação das empresas que mais inovam nesta área, tanto a nível nacional como internacional.

No capítulo 4 é apresentada uma descrição concisa mas elucidativa da forma como deve ser desenhado, projetado e implementado um sistema de proteção contra descargas atmosféricas. São apresentados valores e procedimentos associados à norma base do presente estudo.

No capítulo 5 é elaborado um estudo do sistema de proteção contra descargas atmosféricas numa instalação explorada pela empresa LUSÁGUA-SERVIÇOS AMBIENTAIS, SA - grupo AQUAPOR. Antes desta exposição, é realizada uma apresentação da referida empresa,

tanto a nível de organização, política e missão, caracterizando ainda os procedimentos que a instalação em estudo executa.

Finalmente, no capítulo 6, apresentam-se as principais conclusões dos temas referidos ao longo da análise realizada, com particular atenção para os resultados alcançados pelo estudo realizado.

Uma Bibliografia e os Anexos completam este documento.

1.3 - *Software Utilizado*

Ao longo desta dissertação foram utilizadas as seguintes ferramentas computacionais: *Microsoft Visio*, *Microsoft Office Excel*, *Microsoft Office Word* e *Dokuwiki*.

O programa *Microsoft Visio* serve de base de suporte para a criação de todos os fluxogramas e organogramas utilizados neste trabalho com o objetivo de sistematizar procedimentos.

De igual modo, o software *Microsoft Office Excel* foi necessário para a elaboração de um algoritmo que permite a integração da análise de risco com uma análise económica/financeira, muito útil para responder às necessidades da empresa parceira neste projeto.

O programa *Microsoft Office Word*, foi utilizado para a redação deste documento, ao passo que o software *Dokuwiki* permitiu criar, ao longo de todo o projeto, uma base de dados essencial para disponibilizar informações atualizadas e aceder a conteúdos rapidamente e de forma intuitiva.

Capítulo 2

Descargas Atmosféricas

2.1 - Formação das Nuvens de Trovoada

As nuvens de trovoada podem ser caracterizadas como sendo majoritariamente enormes massas com vários quilômetros quadrados, do tipo *cúmulo-nimbo* e com uma forma próxima de bigorna. A base desta dista cerca de 2 a 3 quilômetros acima do solo e podem estender-se até uma altura próxima de 15 quilômetros. [2]

Estas nuvens são compostas na parte superior por pequenas partículas de gelo e na parte inferior por gotas de água. Elas têm origem em vapor de água que se desenvolve a partir da troposfera. Este vapor de água que existe nas camadas inferiores da atmosfera, devido à maior temperatura das parcelas de ar próximas da superfície, vai ascendendo por convecção, passando do estado gasoso para o estado líquido, e deste para o estado sólido em determinadas altitudes, adquirindo formas como gotas de água e/ou cristais de gelo. As correntes de ar, ascendentes e descendentes, cuja velocidade pode ultrapassar 20 m/s [3], vão originar uma separação de parte das gotículas de água existentes na nuvem.

Os cristais de gelo ao colidirem entre si originam cargas elétricas de diferentes polaridades, fazendo com que o ar fique carregado de forma positiva e as partículas de água de forma negativa. Normalmente, esta nuvem está carregada negativamente na parte inferior devido à densidade e polaridade das partículas de água que aí se localizam, e positivamente no topo onde se encontram os cristais de gelo referenciados.

A nuvem constitui assim um grande centro de cargas positivas e negativas formando um dipolo. De notar que existe um pequeno aglomerado de cargas positivas na base da nuvem, contudo a explicação para este fenómeno ainda hoje é muito dúbio.

Devido ao acumular de cargas, o campo elétrico aumenta, originando uma descarga elétrica quando o gradiente limite de cedência do ar é alcançado. Por outras palavras, isto acontece quando a rigidez dielétrica é atingida.

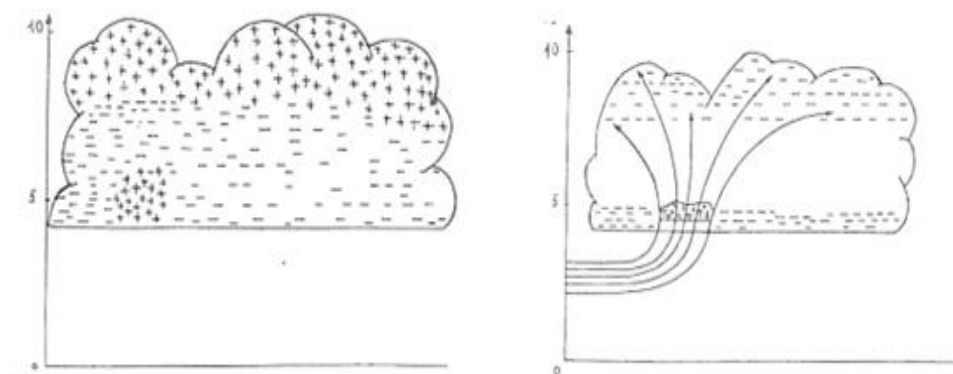


Figura 2.1 - Distribuição e Organização das Cargas em Nuvens [5]

O campo elétrico natural no solo é próximo dos 120 V/m quando o estado do tempo é favorável, sendo que com a chegada de uma nuvem carregada eletricamente, o campo começa a inverter-se, crescendo muito rapidamente. Devido a estas alterações, os valores podem aproximar-se -15 kV/m. Com valores tão elevados a probabilidade de ocorrer uma descarga para o solo é elevada [3,5]. O valor associado a este é influenciado pelos desníveis causados pelo solo ou até pelas estruturas criadas pelo Homem (habitações, etc..).

Associado a tudo isto existe um fenómeno denominado de *Couronne* que corresponde a um aumento do valor de amplitude do campo elétrico por ação dos desníveis existentes no solo ou então criados pelo Homem (exemplo: habitações, indústrias, etc..)

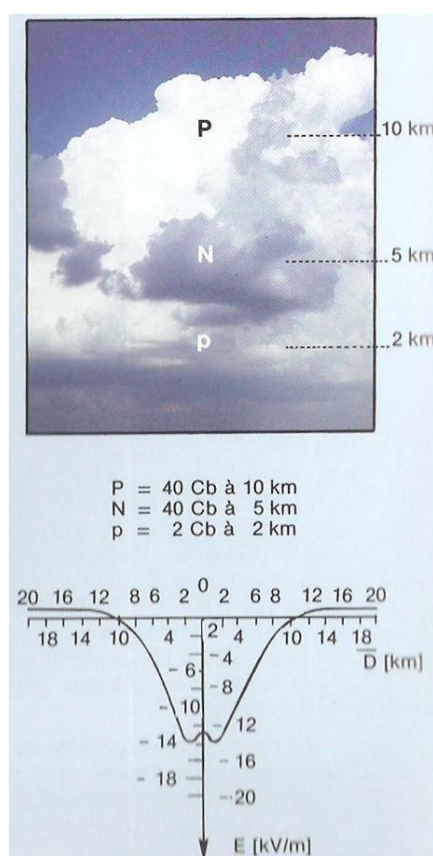


Figura 2.2 - Nuvem cúmulo-nimbo e campo elétrico provocado no solo [34]

2.2 - Origem e Tipos de Descarga

Tal como foi referido no ponto 2.1, a descarga ocorre quando o campo elétrico que as cargas criam, supera a rigidez dielétrica num qualquer local da atmosfera. Assim que esta resistência é quebrada, inicia-se um rápido movimento de eletrões da zona carregada negativamente para a outra zona carregada de forma positiva.

A primeira fase associada a uma descarga no solo consiste numa pré descarga pouco luminosa, designada de traçador, que se difunde da nuvem até ao solo avançando por passos de poucas dezenas de metros [2]. Todavia, ao longo destes passos existem algumas paragens na ordem dos 100 μ s o que perfaz uma velocidade de propagação média de aproximadamente 0,15 m/ μ s. O referido traçador é constituído por diversas partículas elétricas arrancadas da nuvem pelo campo elétrico nuvem-solo, sendo que à medida que evolui, vai originando ramificações.

Assim que a ponta do traçador se aproxima do solo, as pré descargas ascendentes desenvolvem-se a partir deste, geralmente associadas a árvores ou a objetos proeminentes. Quando as descargas ascendentes e o traçador se encontram, é criado um curto-circuito entre a nuvem e o solo, que irá permitir a passagem de uma corrente com uma intensidade elevada. Juntamente com este, é visível um traço fortemente luminoso que se arrasta do solo até à nuvem, designado por arco de retorno.

Logo após estas primeiras descargas, são geradas novas (descargas secundárias), que se escoam pelo mesmo canal ionizado [3,5]. Frequentemente, uma descarga completa dura menos de um minuto e comporta em média quatro descargas parciais. Todavia existem relatos de descargas com durações muito superiores (cerca de 4 min), causados por arcos de retorno sucessivos.

Ao contrário do que acontece na primeira descarga, que é precedida de um traçador por descarga, as seguintes são antecidas por um traçador contínuo, muito mais rápido e imponente, denominado por traçador piloto.

São diversos os tipos de descargas existentes, sendo que cada um deles tem uma designação diferente. Assim, e de forma a facilitar a sua análise, é possível agrupá-los da seguinte forma:

- Descargas entre nuvens: surgem entre nuvens
- Descargas no ar: surgem da nuvem para um ponto qualquer na atmosfera
- Descargas nuvem-solo: surgem da nuvem para o solo
- Descargas solo-nuvem: começam no solo em direção à nuvem
- Descargas intra-nuvem: surgem no interior da nuvem

As descargas do tipo intra-nuvem são as mais frequentes, cerca de 70%, todavia esta percentagem pode ser superior (90%) em zonas próximas do equador, ou menor (50%) se for referente a regiões de latitude intermédia. A justificação plausível a esta situação tem origem, maioritariamente, na capacidade isolante do ar diminuir com a altura, em função da

diminuição da densidade do ar, e devido às regiões de cargas opostas dentro da nuvem estarem mais próximas que no caso dos outros relâmpagos.

2.3 - Caracterização das Descargas Atmosféricas

A classificação deste tipo de fenómenos pode estar de acordo com o sentido de desenvolvimento do traçador, quanto à polaridade, forma de onda, amplitude e distribuição dos gradientes de frente de onda.

Para além destas características, os parâmetros carga e energia específica são necessários para definir um sistema de proteção conveniente. [5,17]

2.3.1 - Sentido de Descarga

Consoante o sentido do traçador, existem duas formas distintas de classificar as descargas. Assim, se o traçador se desenvolver da nuvem para o solo, designa-se de descendente, ao passo que se for do solo para as nuvens é designado de ascendente, sendo a sua intensidade mais alta.

Este último caso apresentado, é mais frequente nas regiões montanhosas, isto porque é necessário a presença de um elemento proeminente. [5,17]

2.3.2 - Polaridade

Relativamente à polaridade, esta pode ser negativa no caso da nuvem estar carregada negativamente ou positiva se a predominância for positiva.

No caso de descargas negativas, são várias as etapas associadas à sua formação. Assim, esta inicia-se com pequenas descargas na zona definida no interior da nuvem com carga negativa, geralmente em torno de 5 km, que se vão deslocando em direção ao centro das cargas positivas ao longo de um período de poucos *milissegundos*, designando-se por quebra de rigidez preliminar. Finalizado este processo, uma descarga luminosa, denominada leader, propaga-se para fora da nuvem em direção ao solo com uma velocidade que se aproxima das 400 mil km/h ao longo do canal do relâmpago.

Por sua vez as descargas positivas são em tudo semelhantes às anteriormente descritas, todavia a luminosidade do leader é inferior ao anterior e a forma de propagação é em zonas positivas da nuvem, não apresentando etapas como o anterior, mas sim um processo contínuo, porém com variações periódicas de intensidade. Normalmente, apresenta apenas a descarga de retorno cuja intensidade em média é superior às descargas negativas.

Em regiões de clima temperado, no qual Portugal se insere, maioritariamente as descargas existentes são negativas. [5,17]

Nas figuras 2.3 e 2.4, é possível identificar os diferentes tipos de traçado que podem ser tomados.

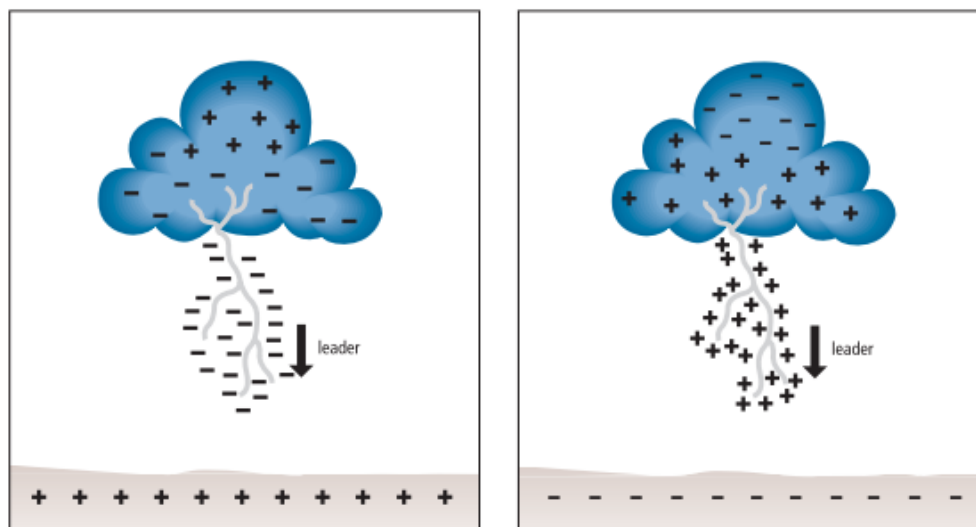


Figura 2.3 - Traçador Negativo Descendente Normal (esquerda) e Traçador Positivo Descendente (direita) [7]

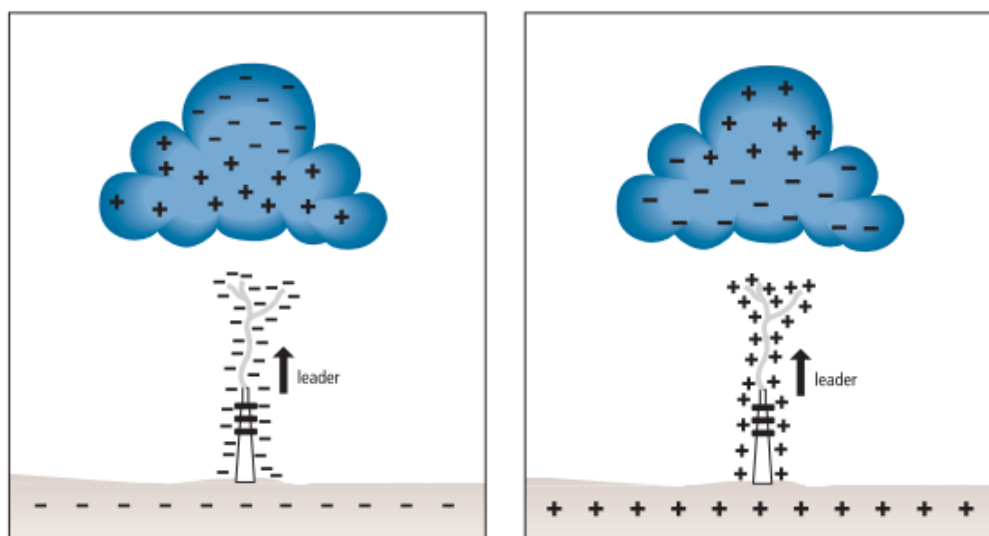


Figura 2.4 - Traçador Negativo Ascendente (esquerda) e Traçador Positivo Ascendente (direita) ambos com origem numa estrutura elevada. [7]

2.2.2 - Amplitude e Forma de Onda

São diversos os investigadores que ao longo dos anos tentam apresentar respostas às dificuldades causadas na caracterização da forma de onda associadas às descargas atmosféricas.

Os parâmetros que caracterizam a forma de onda de corrente de uma descarga atmosférica são aleatórios. É admitido que a amplitude, corresponde a uma função logarítmica de distribuição normal, sendo a corrente desta mais baixa que 3kA, segundo a CIGRÉ.

$$p(I \geq I_p) = \left[1 + \left(\frac{I_p}{31} \right)^{2.6} \right]^{-1}, \quad (2.1)$$

A expressão (2.1) acima apresentada, representa a probabilidade de uma descarga atmosférica ter uma amplitude de corrente igual ou superior à corrente I_p . Nesta expressão, I_p corresponde à corrente de descarga verificada, sendo I , a amplitude da corrente de descarga atmosférica, estando ambas representadas em Ampere (A).

Graficamente a sua probabilidade acumulada está representada na figura 2.5 e tendo sido proposto do *Popolancky*.

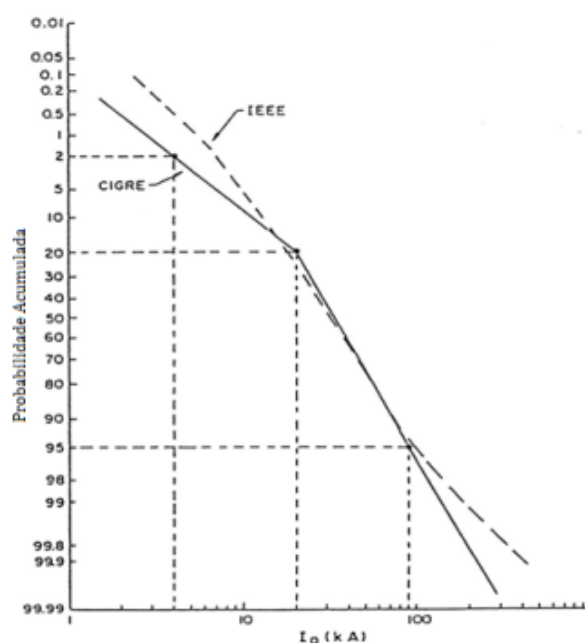


Figura 2.5 - Gráfico com a probabilidade acumulada das amplitudes da corrente de descarga [1,17]

Da análise da figura 2.5 é possível concluir que 95% das descargas têm um pico superior a 10kA; 50% apresentam uma corrente de pico superior a 31 kA, e que a probabilidade de uma descarga deste tipo ter uma amplitude superior a 100kA é de 4,54%.

Relativamente à forma de onda, esta apresenta diferenças quando se trata de uma descarga positiva ou negativa. Assim, e especificando esta última, a sua forma de onda apresenta uma enorme variedade de combinações de correntes contínuas e impulsionais, tendo ambas amplitude e duração díspares. Existe ainda diferença relativamente ao tempo de descarga parcial, sendo que no caso de ser da frente da primeira descarga, este valor situa-se entre 10 e 15 μs e a cauda nos 100 μs . No caso das descargas secundárias, o valor de frente é muito mais curto (aproximadamente 1 μs) e a cauda é muito mais regular que o caso anteriormente invocado. [17,5]

Nas descargas positivas, ocorre apenas uma descarga com duração entre 0.1 e 0.2 segundos. Nesta situação, a amplitude alcançada pode ser muito elevada (superior a 100kA), contudo a duração da frente de onda é consideravelmente extensa situando-se entre os 20 e os 50 μ s.

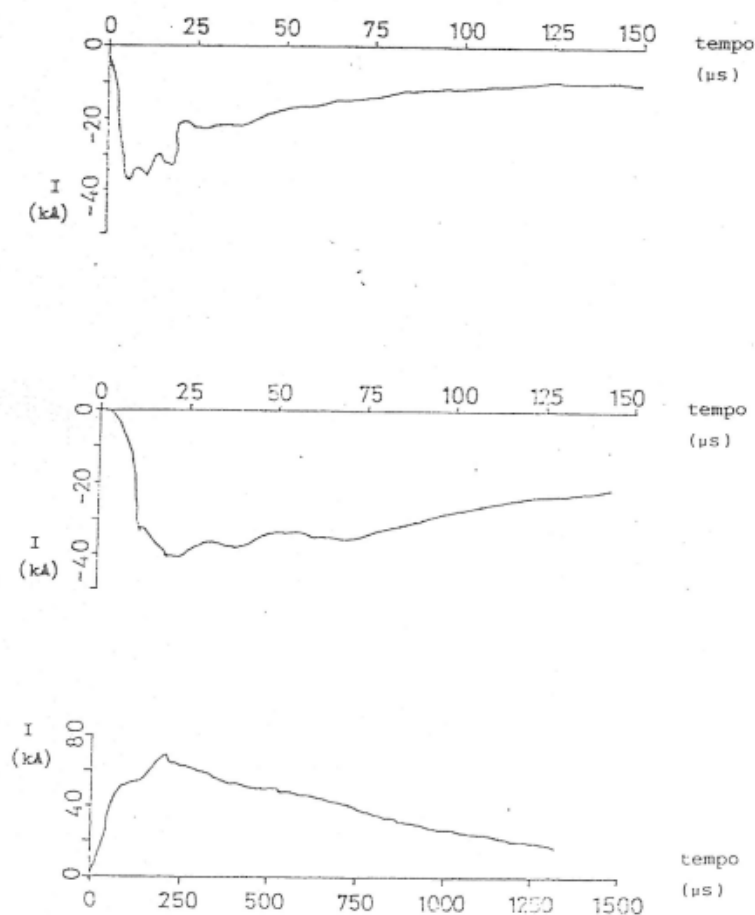


Figura 2.6 - Formas de onda da descarga obtidas no *Mont San Salvatore*, Suíça [5]

A figura 2.6 apresentada representa as formas de onda das descargas registadas no *Mont San Salvatore*, na Suíça. Aqui é possível confirmar que as amplitudes das descargas podem atingir valores muito elevados - em 10% dos casos superior a 15kA - e que na situação da descarga ser negativa esse valor é geralmente maior - na ordem dos 50kA com a mesma percentagem. Ao nível do valor médio de intensidade, este situa-se nos 25kA, valor correspondente a 50% da distribuição global analisada.

Devido à corrente de crista, tempo de frente, derivada da corrente em relação ao tempo e tempo de meia onda, a forma de onda pode ser modelizada.

Na figura 2.7, está representada a forma de onda da corrente de uma descarga atmosférica proposta pela CIGRÉ, e onde se pode verificar que a onda apresenta um ponto de amplitude máxima. Este ponto denomina-se de corrente de crista ou de pico.

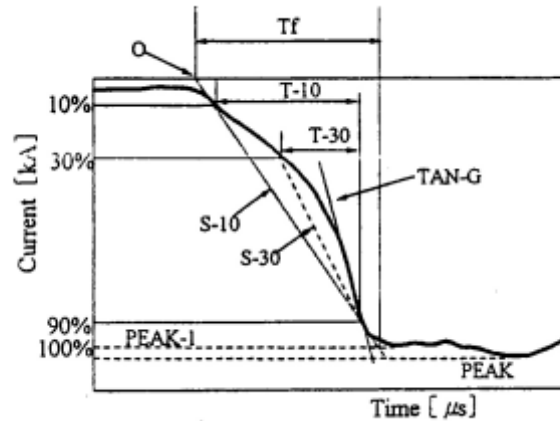


Figura 2.7 - Forma de onda cônica sugerida pela CIGRÉ [1,17]

Na imagem anterior, é necessário ter presente as seguintes características:

- *PEAK-1* corresponde ao valor de pico de onda e *PEAK* ao seu valor máximo registrado
- *T-30* representa o tempo decorrido entre 30% e 90% do valor máximo e *S-30* o gradiente médio neste intervalo
- *T-10* corresponde ao tempo decorrido entre 10% e 90% do valor máximo e *S-10* o gradiente médio neste intervalo
- *TAN-G* é o gradiente máximo na frente de onda

Da mesma forma é possível determinar o parâmetro T_f (tempo de frente) através de $(T_{30}/0,6)$, sendo que quanto menor for este valor, maiores sobretensões surgirão nos terminais dos isoladores das linhas de transmissão. [5,17]

O tempo que vai desde o ponto da forma de onda de descarga, até ao ponto em que esta atinge os 50% do valor de pico é denominado de tempo de cauda (T_q). Este valor é importante para verificar a probabilidade dos equipamentos de proteção não resistirem às sobretensões, isto porque quanto maior for este tempo, maior a probabilidade de não resistir ao fenómeno invocado.

A caracterização de uma descarga atmosférica pode ser obtida através de uma distribuição logarítmica normal, onde a densidade de probabilidade é representada pela expressão (2.2):

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\beta^2}} e^{-\frac{1}{2\beta^2} \left[\ln\left(\frac{x}{M}\right) \right]^2}, \quad (2.2)$$

onde:

- x é o parâmetro em análise;
- M corresponde ao valor médio de x
- β representa o desvio padrão (com base logarítmica)

O valor esperado é calculado através da equação (2.3) abaixo representada, onde os parâmetros têm exatamente o mesmo significado que na situação anterior.

$$\mu = M \cdot e^{\frac{\beta^2}{2}}, \quad (2.3)$$

Todavia, para ter uma análise completa desta temática, é necessário ter presentes mais três características, nomeadamente:

1. Energia Específica - W/R (MJ/ Ω)
2. Carga - Q (C)
3. Gradiente de Corrente de Descarga - (di/dt)

A Energia Específica da corrente permite determinar qual o valor de carga que provoca uma deformação reversível ou irreversível dos componentes e matrizes de um sistema de proteção contra descargas atmosféricas.

Este parâmetro tem origem na seguinte expressão:

$$W = R \int i^2 dt, \quad (2.4)$$

onde, $\int i^2 dt$ é a característica a considerar no cálculo dos efeitos térmicos das descargas; R corresponde à resistência da baixada e W a energia que se irá dissipar.

Sendo a descarga atmosférica suficientemente breve, o aquecimento é considerado adiabático, permitindo facilitar o cálculo da temperatura atingida.

O parâmetro “Carga” invocado 2º ponto, corresponde à carga total neutralizada no decurso de uma descarga, e que apresenta tradicionalmente o valor na ordem das dezenas de Coulomb, podendo contudo ultrapassar as 3 centenas no caso de acontecer uma descarga violenta e muito longa.

Por fim, as ondas de descargas negativas apresentam um gradiente de frente de onda muito superior às descargas positivas (20kA/ μ s para 50% das descargas, contra 2kA/ μ s), apesar de geralmente terem amplitude inferior. [5,17]

Não existe qualquer relação entre a amplitude e o gradiente de frente de onda, contudo é possível afirmar-se que quanto maior a amplitude da corrente, menor a probabilidade de se apresentarem gradientes de frente elevados.

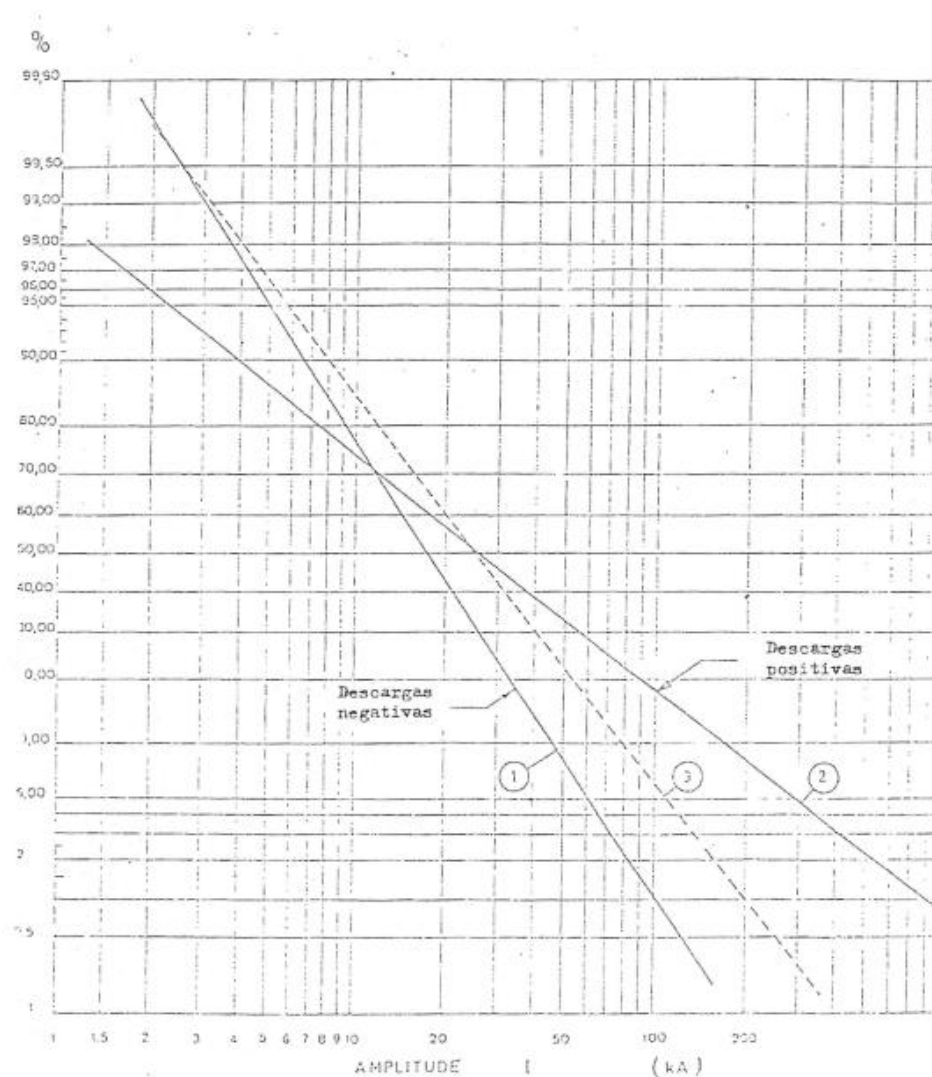


Figura 2.8 - Distribuição das amplitudes das correntes de descarga [5]

2.4 - Sobretensões de Origem Atmosférica

Ao longo dos anos, a preocupação das entidades responsáveis relativamente a este tipo de fenómenos é bastante elevada. Isto porque as sobretensões de origem em descargas atmosféricas têm uma enorme importância quando se está a projetar os sistemas de proteção e isolamento a aplicar em instalações elétricas, quer sejam estas em AT, MT ou BT.

Os fenómenos de sobretensões são caracterizados como sendo aumentos de tensão súbitos num intervalo de tempo muito pequeno (na ordem dos microssegundos), podendo alcançar em muitas situações, valores superiores à da tensão nominal da rede.

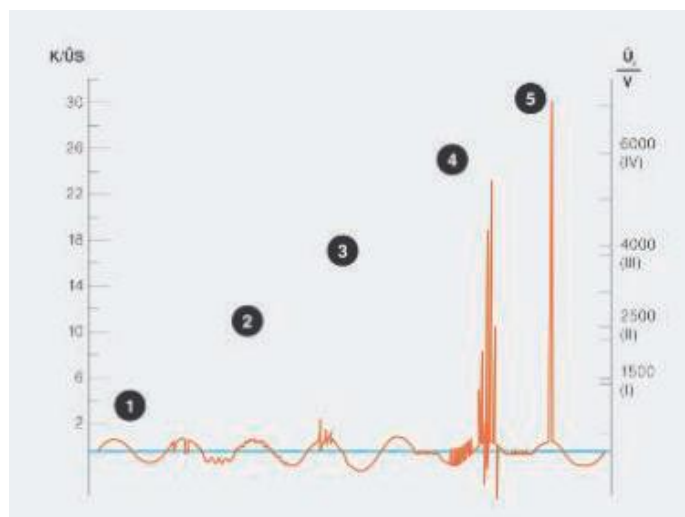


Figura 2.9 - Sobretensões transitórias: 1) quebras de tensão/breves interrupções, 2) harmónicos causados por oscilações de tensão lentas e rápidas, 3) aumentos de tensão temporários, 4) sobretensões de manobra, 5) sobretensões por descargas atmosféricas [16]

As sobretensões são tradicionalmente caracterizadas através do Nível de Cerâmico (ou Isocerâmico) e Densidade de Descargas no solo. O primeiro parâmetro corresponde ao número de dias que, durante um ano, se ouve trovejar numa determinada região, enquanto o segundo corresponde ao número de descargas por km² ao longo de um ano.

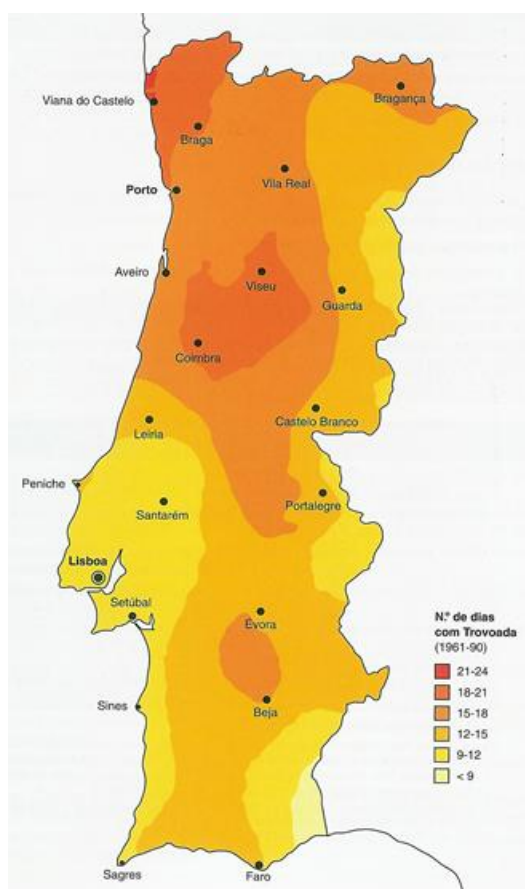


Figura 2.10 - Mapa Isocerâmico de Portugal [9]

Como facilmente se entende, o nível cerâmico é muito elementar e com pouca robustez, ficando a sua utilização imposta a algumas cautelas, isto porque “não fornece nenhuma indicação sobre a frequência das descargas no solo, nem sobre a existência de zonas particularmente atingidas por estas” [5,17]. Tudo se baseava em suposições e análises pouco rigorosas. Daí que tenha surgido o segundo parâmetro referido, de forma a colmatar esta deficiência.

Tabela 2.1 - Número Médio de Dias com Trovoada na Região do Porto [9]

Nome	Latitude	Longitude	Altitude (m)	Período	NDTROV
Porto - Pedras Rubras	4108N	0841W	70	1961-1990	19,7
Porto - Serra Pilar	4108N	836W	93	1961-1990	17,2

Assim ao longo de diversos anos, diversos investigadores tentaram encontrar uma forma de relacionar ambos os parâmetros, e foi então que surgiu a seguinte expressão:

$$Ns = Ni (0,1 + 0,35 \cos \alpha) (0,4 \pm 0,2), \quad (2.5)$$

onde Ns corresponde à densidade de descargas no solo, Ni o nível cerâmico, α a latitude da região analisada. Tomando em atenção a expressão indicada, é possível verificar que a densidade das descargas atmosféricas no solo “aumenta sensivelmente quando se passa das regiões temperadas para regiões tropicais”[5,17].

Esta dedução carece ainda de alguns estudos e confirmações, contudo permite desde já definir o valor 4 como sendo a grandeza correspondente ao valor de descargas atmosféricas por km² num ano, nas regiões europeias com elevado nível cerâmico e 1-2 em zonas menos temperadas. Isto porque a latitude média na Europa é de 45° e no caso de uma zona com nível cerâmico de 30, o valor encontrado situa-se entre 2 e 6, logo é escolhido o valor médio (4). [17,5]

Outra das relações que se pretende efetuar, consiste em relacionar a frequência de descargas com a altura do objeto atingido, tendo em consideração o nível cerâmico onde o mesmo se incide. A expressão 2.6 demonstra isso mesmo:

$$Nt = 0,25 \cdot \left(\frac{H}{100}\right)^2, \quad (2.6)$$

onde Nt é a frequência de descargas (e refere-se a um ano) e H a altura, em metros, do objeto analisado.

Com base em todos os estudos já realizados, é ainda possível referir que existem zonas que são frequentemente mais atingidas por estes fenómenos. Com todas as limitações existentes nos conhecimentos desta matéria, a origem deste fenómeno é atribuído a três fatores: topológicos, geológicos e de concentração iónica do ar.

Relativamente aos fatores topológicos determina-se que podem existir zonas preferenciais que resultam da combinação de humidade no solo com um reaquecimento local, que originam a ascensão da massa de ar quente e húmida que permite a formação das

designadas nuvens de tempestade. Por sua vez os fatores geológicos dizem respeito, à possível predominância em zonas que possuem “saliências, árvores, construções e chaminés, etc”. [5] O terceiro fator invocado refere-se à condutividade que é consequência da concentração iónica do ar.

O fenómeno de sobretensões pode ser alcançado de duas formas distintas: direta e indireta.

2.4.1 - Efeitos Impacto Direto de uma Descarga Atmosférica

Na eventualidade de um raio atingir diretamente uma estrutura ou então a linha aérea BT/Telecomunicações ligada a essa própria estrutura, a energia do raio é encaminhada para a terra na tentativa da mesma ser dissipada em segurança.

Todavia a impedância da terra e a corrente que flui nesta, cria uma elevada diferença de potencial, originando as denominadas sobretensões.

Estudos efetuados ao longo dos anos provam que, este aumento de potencial faz com que as correntes de raio derivem de forma equipartida pelo sistema de ligação à terra da instalação, pelas linhas de energia e também de telecomunicações. Eventualmente podem alcançar ainda os sistemas de terra de instalações vizinhas.



Figura 2.11 - Distribuição da corrente de raio - impacto direto [4]

As correntes de raio produzidas neste tipo de impacto são representadas sob a forma de onda 10/350 μ s.

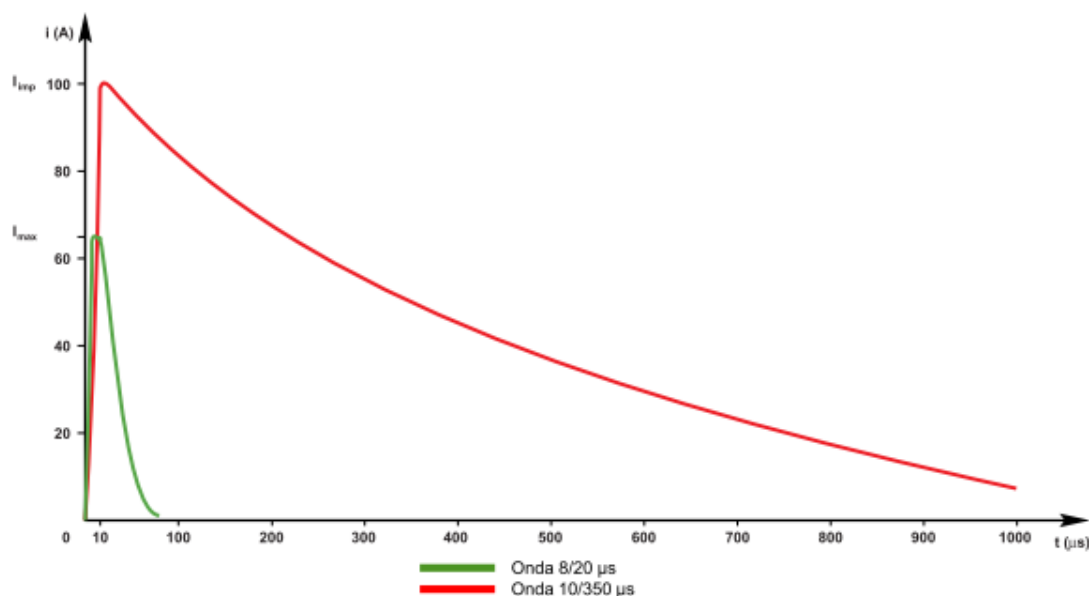


Figura 2.12 - Representação da onda 10/350 μs e 8/20 μs [32]

2.4.2 - Efeitos Impacto Indireto de uma Descarga Atmosférica

O impacto de um raio na proximidade de uma estrutura ou de uma linha aérea BT/ Telecomunicações, pode provocar na instalação que se pretende proteger o acoplamento de elevadas correntes parciais. Isto acontece porque no ponto de impacto, tal como acontecia no ponto anterior, é criada uma elevada diferença de potencial que se vai dissipando até atingir a estrutura que se pretende proteger, originando o fenómeno de sobretensão.

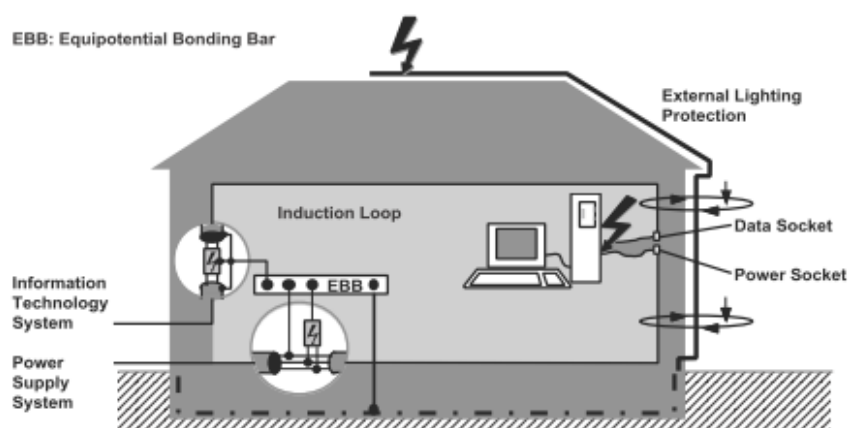


Figura 2.13 - Efeitos do Impacto Indireto das descargas Atmosféricas [6]

As sobretensões causadas por este tipo de fenómenos são reproduzidas numa forma de onda 8/20 μs . A energia deste impulso é significativamente mais pequena do que a corrente representada na forma de onda 10/350 μs , tal como é visível na Figura 2.12.

2.5 - Consequências das Descargas Atmosféricas e efeito das Sobretensões

As descargas atmosféricas são consideradas como um dos maiores e mais destrutivos fenômenos existentes na natureza. São diversos os danos que estas podem causar, sendo também bastante distinta a gravidade das consequências a elas associados. Todavia todos os efeitos causados por este tipo de fenômeno natural, tem como consequência perdas económicas relevantes, em virtude de danos ocorridos nos edifícios e/ou equipamentos, aos quais podem (em muitos casos) estar associados incêndios que devastam tudo o que a eles está associado.

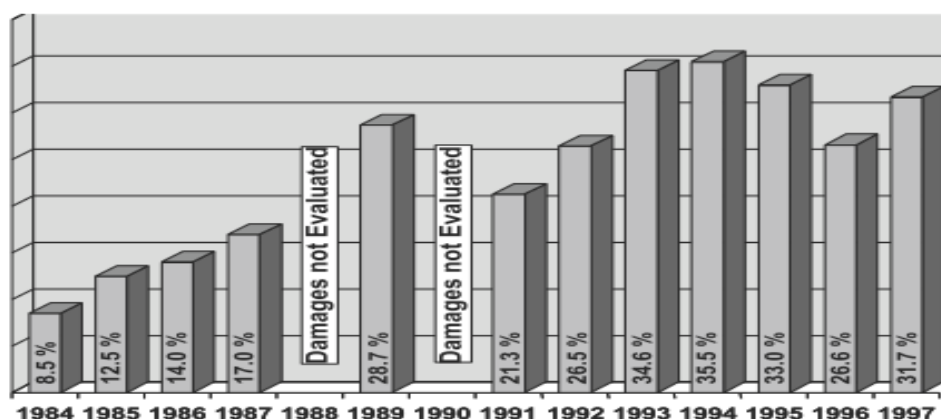


Figura 2.14 - Percentagem associada aos danos causados pelas descargas atmosféricas em comparação com a totalidade de danos registados [6]

Outro dos efeitos a ter em conta neste tipo de análise, tem como origem o impacto económico e de competitividade, especialmente na indústria, que estes fenômenos proporcionam. Através das constantes interrupções de serviços, consequente manutenção e período de normalização de sistemas e processos, os custos que são associados a estes fenômenos naturais, não permitem que esta temática seja tratada com ligeireza e muito menos seja ignorada na tomada de decisões realizada na altura do projeto de implementação de qualquer negócio. [18]

No caso particular de equipamentos eletrónicos, e num estudo de *Wurtembergische Versicherung AG, Stuttgart (gerundete Werte)*, realizado em 2005 com o intuito de obter as principais causas dos defeitos ocorridos nos seus equipamentos, foi concluído que o fenômeno de descargas atmosféricas associado a comutações elétricas, são a segunda maior causa de danos com 28%, estando apenas atrás da “negligência” que apresenta um índice de 36%. Neste estudo foram analisados mais de 8400 sinistros. [4]

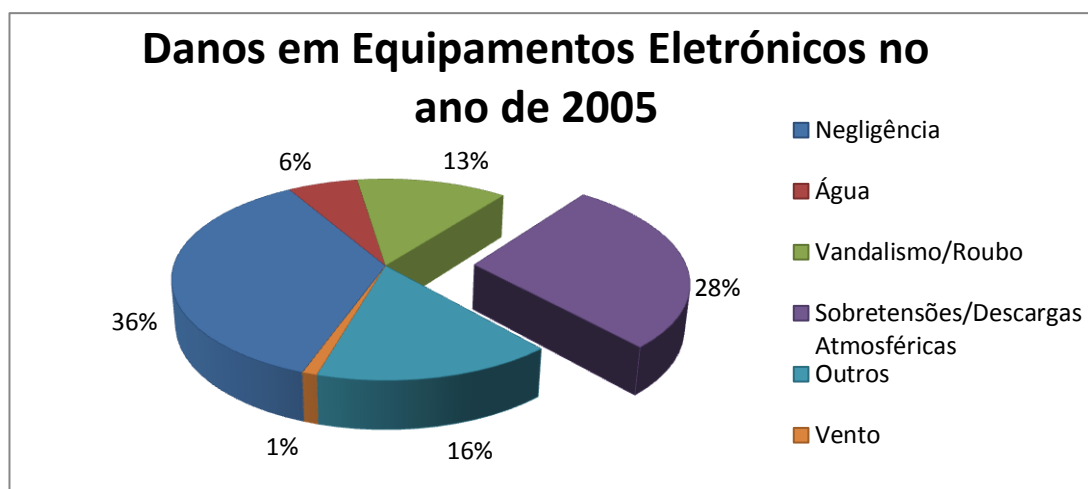


Figura 2.15 - Gráfico representativo das origens dos danos ocorridos em equipamentos eletrônicos no ano de 2005, num universo de 8400 casos.

Atualmente existe uma orientação internacionalmente aceite que estipula que os pontos susceptíveis de serem danificados por acção directa ou indirecta de uma descarga atmosférica encontram-se num raio 2km. Dentro desta área, qualquer equipamento pode ser irremediavelmente danificado ou causar prejuízos avultados.



Figura 2.16 - Representação do raio fictício com 2km em torno do ponto onde ocorreu a descarga atmosférica [6]

Esta última referência é muito importante devido aos relatos existentes de companhias de seguros que se recusam a efetuar o pagamento das compensações que os segurados têm direito por as regras de implementação internacionalmente estipuladas não estarem a ser seguidas, especialmente devido à falha na informação respeitante à distância de perturbação de uma descarga atmosférica.

Desta forma fica estipulada a distância mínima de segurança de forma a normalizar toda a informação. [6]

2.5.1 - Efeitos Destrutivos

De forma a permitir uma melhor estruturação e análise desta temática, facilitando a correta tomada de decisões, os danos causados pelas descargas atmosféricas são agrupados da seguinte forma [18]:

- Efeitos Elétricos

Nesta situação, os efeitos conduzem a uma destruição de equipamentos. A elevação do potencial na terra e geração de sobreensões podem danificar os equipamentos ligados à rede elétrica.

- Efeitos Eletrodinâmicos

Deformações e ruturas em estruturas são as principais consequências deste tipo de efeitos, devido ao campo magnético produzido.

- Efeitos Térmicos

As principais consequências destes efeitos são os incêndios que a estes estão associados. Na sua origem estão as dissipações de calor por efeito de Joule.

- Efeitos em Pessoas e Animais

Os resultados deste tipo de efeitos podem ser os mais lesivos e absolutamente inoportáveis, isto porque leva a electrocuções, queimaduras, paragens cardíacas e respiratórias que colocam em causa a integridade de todos os seres vivos. A passagem de corrente com uma determinada intensidade durante um determinado período de tempo é suficiente para causar estes danos.

- Efeitos de Indução

Como sempre acontece dentro de um campo eletromagnético variável, todos os condutores sofrem com a passagem de correntes induzidas. Todavia, se essas correntes atingem equipamento eletrónicos ou de características similares, os danos provocados podem ser tremendos e irreversíveis.

2.5.2 - Exemplos dos Efeitos Destrutivos

São vários os exemplos reais conhecidos, de danos causados por descargas atmosféricas, não estando estes limitados a um determinado sector ou área de negócios.

Em 1965, um tanque de 1500m³ de uma refinaria de gasolina em DEA-SCHOLVER, *Karlsruhe* explodiu por completo após ter sido atingido por um defeito desta ordem, destruindo toda a estrutura. No verão de 1996, em pleno mês de Junho, foi atingido por uma descarga atmosférica um tanque de petróleo tendo ardido por completo toda a sua estrutura. Cerca de 200 pessoas tiveram de ser evacuadas.



Figura 2.17 - Reservatório de petróleo a arder, *New Jersey* (1996) [6]

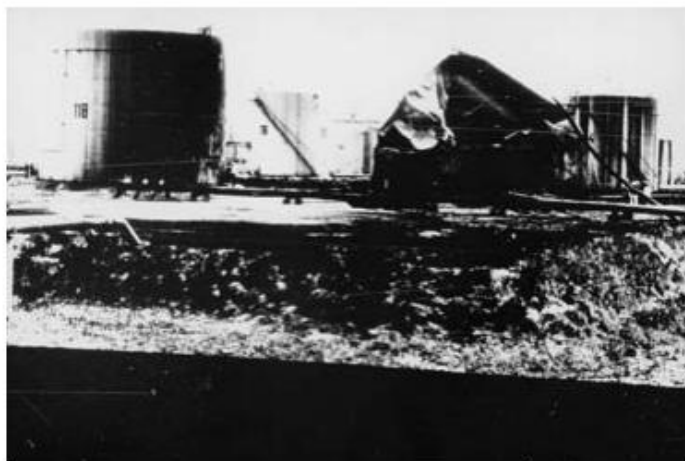


Figura 2.18 - Reservatório gasolina completamente destruído, *Karlsruhe* (1965) [6]

Mas não são apenas tanques contendo produtos petrolíferos que são afetados por estes fenômenos. Os exemplos de destruição associados a descargas deste tipo multiplicam-se à mesma velocidade com que estes acontecem. Transformador, habitações, instalações elétricas e de telecomunicações, aerogeradores, circuitos impressos de equipamentos eletrônicos, etc.. Nada escapa à destruição causada por esta força da natureza. [4,6,17]

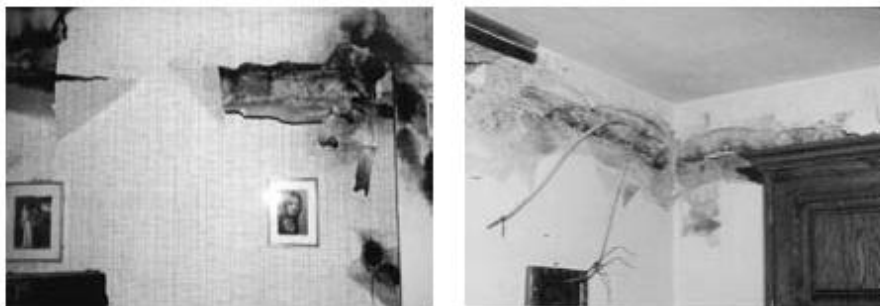


Figura 2.19 - Efeito das descargas atmosféricas numa habitação, Holanda (1986) [6]



Figura 2.21 - Transformador de 100kV destruído pelo efeito das descargas atmosféricas, Holanda (1983) [6]

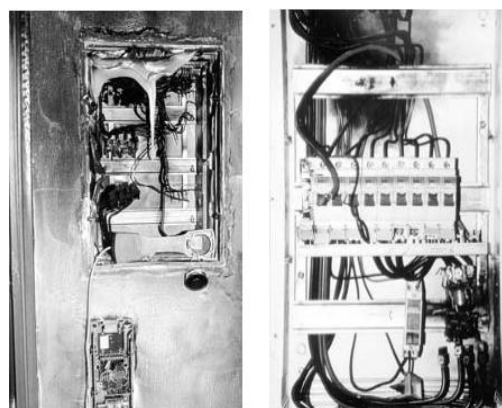


Figura 2.20 - Quadro elétrico queimado [6]

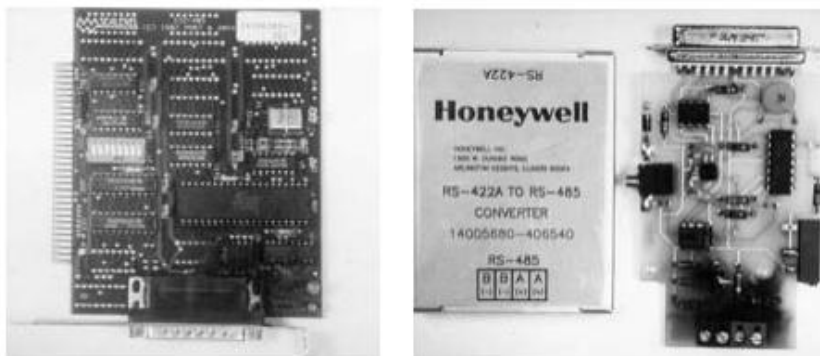


Figura 2.22 - Circuitos impressos destruídos por efeito de descargas atmosféricas [6]

Ainda recentemente a imprensa portuguesa, mais especificamente o *Diário de Notícias*, afirmava a 9 de setembro de 2009, que a forte trovoadas que havia atingido a zona da Grande Lisboa naquela madrugada, “não deixou dormir milhares de portugueses e até deitou abaixo o sistema de controlo da portagem da CREL, em Queluz”. [33]

São muitos os exemplos de danos e de consequências que este tipo de fenómeno natural origina. É por tudo isto que, adotar medidas de proteção no sentido de assegurar o normal funcionamento de equipamentos e estruturas é absolutamente fundamental.

Capítulo 3

Regulamentação: Origem e Evolução

3.1 - Origem

A necessidade de implementar um sistema de proteções eficaz contra os efeitos das descargas atmosféricas, tanto em estruturas como equipamentos eletrónicos, fez com que fosse criado um mecanismo de regulamentação de forma a normalizar todas as operações e procedimentos, auxiliando a tomada de decisões por parte dos responsáveis pela conceção dos projetos.

Foi com esse intuito que em 1980, o Comité Internacional de Eletrotécnica (IEC) fundou a Comissão Técnica - IEC TC 81 - “Proteção contra raios”. O IEC corresponde à “organização mundial responsável pela normalização nos sectores eletrotécnico e eletrónico”. [25] Tem a sua sede em Genebra, na Suíça, e conta atualmente na sua organização, com cerca de 80 países.

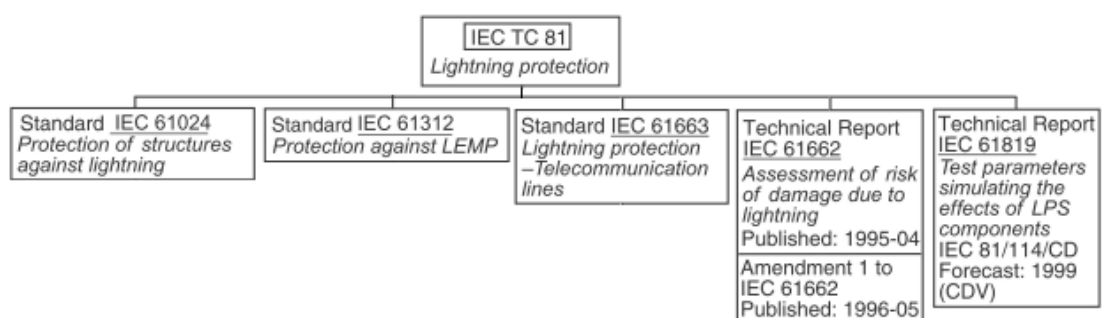


Figura 3.1 - Estrutura simplificada da normalização promovida pelo IEC TC 81 [4,6]

No referido Comité Técnico, foram introduzidas diversas normas que visavam a proteção de edifícios e equipamentos contra este tipo de fenómenos naturais, com base numa prudente análise de risco e económica, simulando alguns dos seus possíveis efeitos. [21]

Estas normas foram sendo publicadas à medida que eram elaboradas e necessárias, sem que nenhum critério de organização fosse seguido. Esta lacuna originou as mais diversas dificuldades a todos os que consultavam esta norma e conscientemente recorriam a elas com o intuito de as implementar.

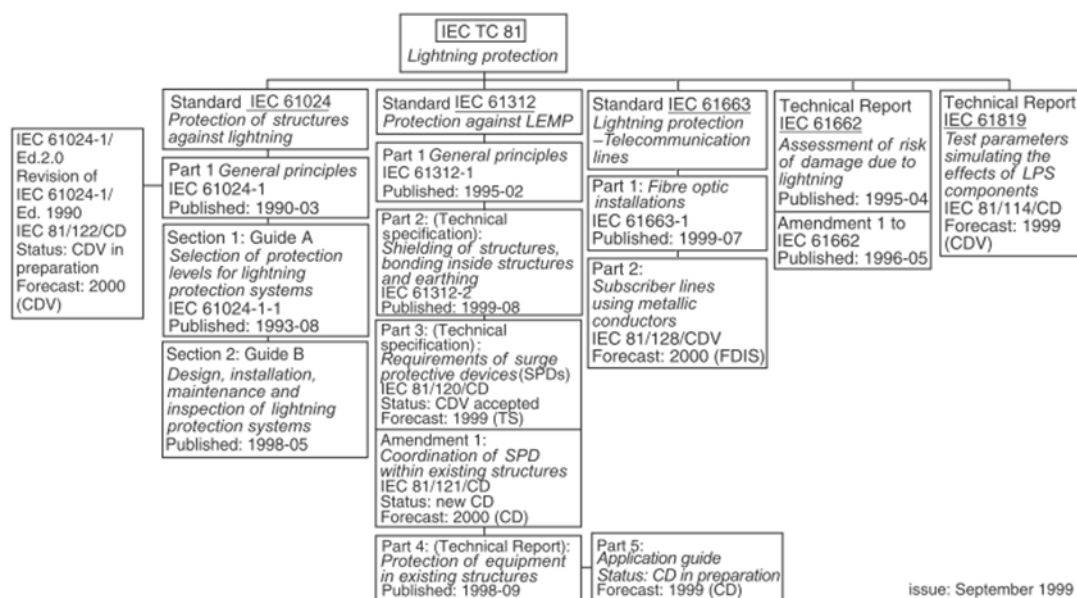


Figura 3.2 - Estrutura completa da normalização promovida pelo IEC TC 81, datada de 1999 [6]

Desta forma, tornou-se indispensável uma reestruturação de todos os documentos, algo que aconteceu em setembro de 2000, quando esta Comissão Técnica decidiu reformular todas as diretivas invocadas, dando origem a uma nova série de normas. [4,6,12]

Com estas alterações, foi criada a norma IEC 62305, que vem substituir a norma IEC 61024, e na qual foram revistas as regras, implementadas novas diretrizes e procedimentos, organizando toda a informação através de uma estrutura coerente e eficaz. Esta nova norma foi tornada oficial e pública no início de 2006, sendo constituída por 4 partes:

- IEC (EN) 62305:1 - Princípios Gerais;
- IEC (EN) 62305:2 - Avaliação de Risco;
- IEC (EN) 62305:3 - Danos Físicos nas Estruturas e Risco para as Pessoas;
- IEC (EN) 62305:4 - Sistemas Elétricos e Eletrônicos em Estruturas.

O documento IEC 62305-1 (2010) contém informação com indicações gerais referindo a forma como são avaliados os riscos, determinadas as perdas e os níveis de proteção associados às estruturas que se pretende proteger. Na segunda parte (IEC 62305-2 (2010)) é realizada uma análise de risco e económica onde se confirma a necessidade ou não, de implementação de um sistema de proteção contra descargas atmosféricas, conferindo os benefícios\custos associados à sua instalação. Esta questão é importante para decidir quais as medidas de proteção que devem ser tomadas, no caso de necessidade, tendo em atenção argumentos técnicos e económicos válidos. O documento IEC 62305-3 (2010) indica os

procedimentos necessários para se implementar um SPDA completo. São abordados os aspetos externos e internos para garantir segurança de estruturas e pessoas no caso de ocorrência deste tipo de defeitos. Na última parte do documento (IEC 62305-4 (2010)) são abordados os procedimentos que devem ser adotados no caso de proteções contra os efeitos de sobretensões de origem atmosférica. A importância deste último documento é elevada, devido a capacidade que a corrente proveniente deste tipo de fenómenos tem em causar prejuízos nos equipamentos elétricos e eletrónicos. Desta forma são tomadas medidas no sentido de evitar essas consequências.

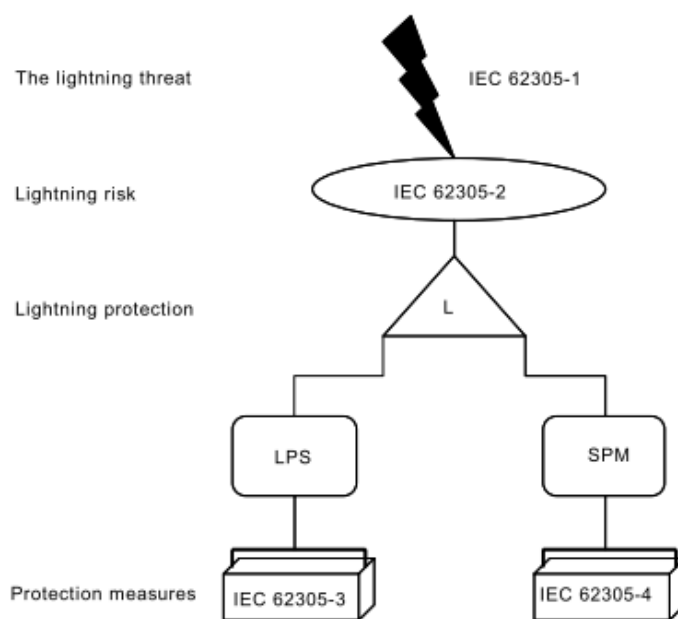


Figura 3.3 - Organização por partes da norma IEC (EN) 62305 [11]

Quase em simultâneo com a edição do referido documento, foram publicadas as normas da série EN 62305, as quais apresentam as mesmas diretrizes, estando contudo em conformidade com a legislação europeia, da responsabilidade da CENELEC.

Esta publicação ocorre uma vez que o CENELEC tem como missão “desenvolver as normas europeias para os sectores eletrotécnicos” [25]. Desta forma e segundo o “Acordo de Viena”, entre o IEC e o CENELEC “foi estabelecido um acordo de cooperação”, com o objetivo “de se obter uma maior sincronização nas tarefas”. Daí que ambas as publicações possam ser tomadas como uma única norma. [25]

Relevante no conteúdo desta publicação é o facto dos pára-raios ionizantes não estarem contemplados (“*Radioactive air terminals are not allowed*” [13]), tendo sido alargado o seu âmbito à proteção contra sobretensões de equipamentos elétricos e eletrónicos.

Em 2010 foi emitida uma nova versão desta norma (versão 2.0). Esta nova versão “*cancels and replaces the first edition*” [11,12,13,14] publicada em 2006, constituindo uma “*technical revision*” [11,12,13,14].

Todavia a norma IEC (EN) 62305 não foi a única publicada para o efeito: *“The following referenced documents are indispensable for the application of this document.”* [11, 12, 13, 14].

De forma a ter uma correta e completa análise desta temática, criando um prático, seguro e eficaz sistema de proteção contra descargas atmosféricas, é necessário ter ainda em atenção essencialmente, as normas da série IEC 61643 e EN 50164. A primeira corresponde à norma internacional que analisa os dispositivos de proteção contra sobretensões ligados a redes de distribuição de energia elétrica em baixa tensão, enquanto na segunda são analisados os componentes de ligação à terra. [4, 6, 21]

Assim desde então, ao assinar novos contratos de conceção e instalação de sistemas de proteção contra descargas atmosféricas, o contratante é aconselhado a seguir as regras apresentadas nesta norma, sob pena de insurgir em irregularidades que podem ter consequências graves. Todavia, este regulamento não substitui as diretrizes seguidas nos países onde a mesma é aplicada. Ou seja, esta norma sugere uma forma de implementação que terá que ser validada pelos comités representativos em cada um dos países, especializados nesta área. [21]

3.2 - Portugal e as Normas

“Os estatutos e procedimentos em vigor nos diferentes organismos internacionais e europeus de normalização, de que Portugal é membro, determinam que a integração no acervo normativo nacional de normas internacionais ou europeias seja da responsabilidade de cada ONN e se efetue segundo procedimentos idênticos aos utilizados para a aprovação das respetivas normas nacionais, desde que cumpridas as metodologias utilizadas por aqueles organismos” [23]

Atualmente em Portugal existem duas metodologias de proteção aceites: IEC 62305 e NP 4426. A grande diferença entre ambas consiste na possibilidade de os pára-raios ionizantes serem contemplados na norma NP 4426, algo que a norma internacional IEC 62305 não permite. [6,23]

Os pára-raios ionizantes carecem de suporte normativo internacional, devendo os países membros da UE, cumprir as diretivas que os respetivos órgãos emanam. Contudo em Portugal nenhuma decisão foi tomada no sentido de regularizar a situação, pelo que qualquer dos sistemas é legalmente possível instalar. Assim o executante tem legitimidade para optar por qualquer dos sistemas, sendo livre de escolher o que considerar mais apropriado para a instalação que se encontra a realizar. [8,9,23]

Desta forma, é possível aplicar um SPDA através de Hastes de Franklin, Condutores de Cobertura e/ou Gaiola de Faraday (IEC 62305) ou então Pára-Raios Ionizantes (NP 4426).

As Hastes de Franklin, consistem em hastes metálicas de ponta pontiaguda com o intuito de conduzir as descargas de forma segura ao longo de um determinado percurso, podendo ou não estar associadas a condutores de cobertura. Estes condutores destinam-se a conduzir a

corrente de descarga até às descidas. Se os próprios servirem de captador, então integram os sistemas de gaiola de Faraday. Estas, consistem num conjunto de condutores emalhados, ligados à terra para, segundo a Lei de Gauss, isolar eletricamente o seu interior.

Por sua vez, o Pára-Raios Ionizante reduz a rigidez dielétrica do ar circundante, por “meio de micro-disrupções”, conseguindo desta forma antecipar-se face a uma haste captora tradicional. [22]

Ainda em Portugal, a norma IEC 62305 está também associada ao “Guia Técnico para a instalação de Pára-Raios em Edifícios e Estruturas”, datado de agosto de 2005 e pertencente à DGGE, isto porque este *“não se aplica aos pára-raios ionizantes”* sendo justificado tal facto por *“atualmente, ainda não existir, a nível do CENELEC e da IEC, normalização que os comtemple.”* [9]

3.2.1 - Vantagens e Desvantagens

Os Condutores de Cobertura e a Gaiola de Faraday consistem num sistema passivo que conduz à instalação de grandes quantidades de material, entre os quais condutores e fixações, podendo conter ou não hastes captoras. Por isso mesmo, torna-se altamente dispendioso e de difícil execução. Contudo, as múltiplas baixadas permitem a redução de perturbações eletromagnéticas e esforços térmicos, possibilitando baixadas embutidas na parede. Por sua vez, a implementação de Hastes de Franklin, apenas protege os espaços contidos “dentro” da área coberta pelo ângulo que a respectiva haste está a originar (dependendo da altura a que se encontra instalada).

Por norma, estes sistemas de proteção não são utilizados quando o pretendido é a proteção de espaços “abertos”. Isto porque os custos envolvidos nesta execução são na sua maioria insuportáveis para os instaladores, tendo ainda a componente estética, que em muitas situações fica posta em causa. [6,23]



Figura 3.4 - Exemplo de Gaiola de Faraday (Malha captadora com hastes de Franklin) [4]

O sistema com Pára-Raios Ionizantes corresponde a um sistema ativo que confere elevados raios de proteção comparativamente com os sistemas passivos. Estes sistemas são mais económicos e simples de instalar.

Todavia, devido ao reduzido número de baixadas, os condutores deverão ser instalados sobre a fachada, excetuando casos muito particulares. Existem modelos deste sistema de proteção que são dotados de componentes eletrónicos suscetíveis de ficar danificado após a captação de uma descarga, tornando por isso o sistema vulnerável. [23]



Figura 3.5 - Exemplo de Pára-Raios Ionizante [24]

3.3 - Empresas Especializadas

São diversas as empresas especializadas na inovação de técnicas de proteção contra os efeitos das descargas atmosféricas, contudo existe uma empresa que internacionalmente está há mais de 100 anos na vanguarda de todos os sistemas criados e implementados.

A *DEHN* é uma reconhecida empresa Alemã, fundada em 1910 na *Nürnberg* por *Hans Dehn*, que tinha como filosofia original, desviar os raios para a terra sem riscos para os edifícios. Desta ideia inicial foram desenvolvendo novas técnicas e produtos com o intuito de melhorar as condições de segurança dos elementos que constituem a sua área de negócios. [27]

Desde 1952 denominada *DEHN+SÖHNE*, esta foi desenvolvendo capacidade e competências, tornando-se pioneira nas áreas de proteção contra descargas atmosféricas, contra sobretensões e em equipamentos de segurança para pessoas, equipamentos e serviços.

Atualmente sediada em *Newmarkt*, conta com mais de 1000 colaboradores, sendo dotada de uma gestão orientada para o progresso, transmitindo excelência e qualidade em qualquer área onde intervém.

Com a experiência adquirida é garantia de inovação, competência e realismo, ao ponto de ter influência na criação de processos de normalização tanto a nível nacional como internacional na área de proteção contra este tipo de fenómenos. [27]

Em Portugal, existe uma empresa que se mantém uma estreita parceria com a DEHN+SÖHNE e por isso apresenta um elevado grau de exigência e fiabilidade tanto a nível de procedimentos como de equipamentos. A ISO-SIGMA, da qual fazem parte a ISO-SIGMA, SIGMA e ISOGNOM, foi criada em 1988, e é resultado do processo de reestruturação das empresas do grupo SIGMA. [4,26]

Tirando o devido benefícios da experiência do grupo supracitado, ao qual estão associadas as parcerias com as mais diversas entidades (nacionais e internacionais), e as competências técnicas e humanas dos seus colaboradores, esta tornou-se uma referência em diversas áreas em Portugal.

Neste momento, são reconhecidas as suas aptidões no fabrico e inspeção de equipamentos elétricos de MT e BT, criação de sistemas de manutenção e energéticos, assim como em estudos e projetos tanto no setor de controlo, automação como de potência.

Atualmente sediada em Nogueira - Maia, possui certificação devidamente aprovada pelas autoridades competentes. [26]

Capítulo 4

Metodologia para a implementação de um sistema de proteção contra descargas atmosféricas segundo a norma IEC (EN) 62305

De forma a aplicar qualquer procedimento no sentido de proteger efetivamente as estrutura e os equipamentos instalados, garantindo total segurança a todos os intervenientes, existe uma série de medidas que têm que ser tomadas. Todavia, e de forma prévia, é necessário conhecer a forma como estas medidas devem ser implementadas e a em que medida solucionam o problema em questão.

Num mundo cada vez mais exigente em matérias económicas, garantir total segurança ao mais baixo custo é sem qualquer dúvida um dos grandes desafios que o presente coloca a todos os responsáveis técnicos nesta área profissional.

Segundo as instâncias internacionais os temas que necessitam de uma rigorosa análise, a forma como esta deve ser realizada e as conclusões alcançadas, estão devidamente catalogadas na norma IEC 62305. Estas diretivas internacionais são aplicadas em Portugal, e serão a base de sustentação técnica para o estudo em apreço.

4.1 - Princípios Gerais

Tendo em vista uma correta implementação de um sistema contra descargas atmosféricas é necessário, antes ainda de iniciar esta projeção, analisar e conhecer todas as condicionantes que este tipo de fenómenos naturais pode causar para a estrutura onde a avaliação está a ser realizada.

Por isso mesmo, é imperativo ter presente se as descargas atingem diretamente a estrutura ou a sua vizinhança (descarga indireta), quais os danos que podem causar, quais as

perdas associadas e quais os riscos que os mesmos provocam. Segundo a norma IEC 62305-1 (2010), existem quatro tipos de origem e três tipos de danos para a estrutura.

Tabela 4.1 - Origem dos danos associadas a Descargas Atmosféricas [11]

S1	Raio atinge uma estrutura
S2	Raio atinge vizinhança da estrutura
S3	Raio atinge uma linha ligada à estrutura
S4	Raio atinge vizinhança da linha ligada à estrutura

Tabela 4.2 - Tipos de Danos associadas a Descargas Atmosféricas [11]

D1	Lesão para seres vivos por choque elétrico
D2	Danos físicos causados pelo raio (incêndios, explosão, ...)
D3	Falha sistemas internos devido ao efeito eletromagnético provocado pelo raio

Ainda no mesmo documento, são referidas as perdas associadas a estes acontecimentos.

Tabela 4.3 - Tipos de Perdas associadas a Descargas Atmosféricas [11]

L1	Perda Humana (incluindo lesões permanentes)
L2	Perda serviço público
L3	Perda património cultural
L4	Perda valor económico (admitindo a estrutura, o seu conteúdo e a quebra de funcionamento)

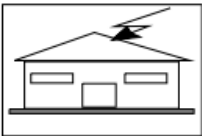
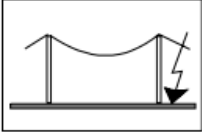
Point of strike		Source of damage	Type of damage	Type of loss
Structure		S1	D1 D2 D3	L1, L4 ^a L1, L2, L3, L4 L1 ^b , L2, L4
Near a structure		S2	D3	L1 ^b , L2, L4
Line connected to the structure		S3	D1 D2 D3	L1, L4 ^a L1, L2, L3, L4 L1 ^b , L2, L4
Near a line		S4	D3	L1 ^b , L2, L4
^a Only for properties where animals may be lost.. ^b Only for structures with risk of explosion and for hospitals or other structures where failure of internal systems immediately endangers human life.				

Figura 4.1 - Tipos de perdas e correspondentes riscos resultantes de diferentes tipos de danos

Existe todavia o risco económico associado aos efeitos das descargas atmosféricas. Este risco consente uma análise a nível económico e financeiro, o qual permitirá uma correta verificação da necessidade ou não de implementação de medidas adicionais de proteção contra este tipo de fenómenos.

Eventualmente as despesas envolvidas na implementação deste tipo de sistemas de proteção pode não justificar a sua execução, tendo em vista a valorização das estruturas e conteúdo existente para o lesado.

Os riscos económicos associados a este tipo de acontecimentos são visíveis na tabela 4.4.

Tabela 4.4 - Tipos de Perdas associadas a Descargas Atmosféricas [11]

R1	Risco de perda humana ou dano permanente
R2	Risco de perda de serviço público
R3	Risco de perda de património cultural
R4	Risco de perdas económicas

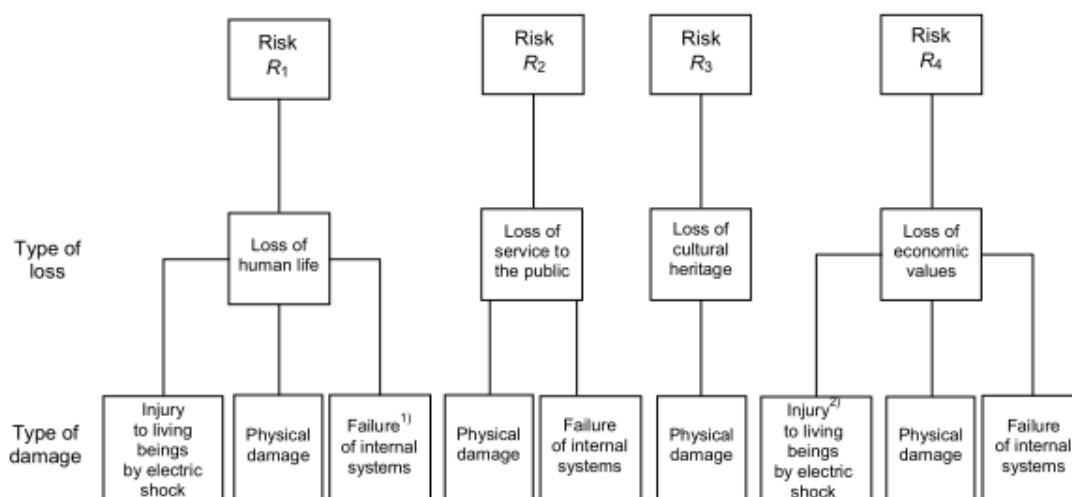


Figura 4.2 - Tipos de perdas e correspondentes riscos resultantes de diferentes tipos de danos [11]

Outro aspeto importante nestas análises consiste na definição de níveis de proteção, estando estes organizados de forma decrescente à medida que as características das descargas atmosféricas que atingem uma estrutura diminui, sendo o nível I considerado “muito elevado” e o nível IV avaliado como “fraco”.

Esta versão da norma IEC 62305-1 (2010) apresenta os valores destes parâmetros tabelados de forma a uniformizar a determinação de níveis de proteção aplicáveis por cada responsável.

First positive impulse			LPL			
Current parameters	Symbol	Unit	I	II	III	IV
Peak current	I	kA	200	150	100	
Impulse charge	Q_{SHORT}	C	100	75	50	
Specific energy	W/R	MJ/ Ω	10	5,6	2,5	
Time parameters	T_1 / T_2	$\mu\text{s} / \mu\text{s}$	10 / 350			

Figura 4.3 - Valores máximos dos parâmetros do raio de acordo com os níveis de proteção contra descargas [11]

Interception criteria			LPL			
	Symbol	Unit	I	II	III	IV
Minimum peak current	I	kA	3	5	10	16
Rolling sphere radius	r	m	20	30	45	60

Figura 4.4 - Valores mínimos dos parâmetros das descargas e raio da esfera correspondente ao nível de proteção contra descargas [11]

Para finalizar, e de forma a normalizar consistentemente todas as especificações necessárias para a implementação deste tipo de sistemas de proteção contra descargas atmosféricas, são referidas as zonas de proteção, indispensáveis para a proteção coerente e eficaz das estruturas e equipamentos. Ao contrário do que acontecera em casos anteriores, aqui as zonas são organizadas de forma crescente à medida que as necessidades de proteção são mais solicitadas.

Tabela 4.5 - Zonas proteções associadas a Descargas Atmosféricas [11]

LPZ0A	Zona externa do edifício/estrutura. Local passível de ser atingido por uma descarga atmosférica direta. Não existe nenhuma blindagem contra interferências causadas por impulsos eletromagnéticos originados por descargas atmosféricas
LPZ0B	Zona sobre a influência de um SPDA externo, mas ainda sem a proteção de uma blindagem.
LPZ1	Zona interna do edifício/estrutura. A energia das descargas atmosféricas são relativamente baixas.
LPZ02,..., n	Zona interna do edifício/estrutura onde a corrente de descarga pode ser ainda mais limitada por partilha de corrente, devido ao isolamento de estruturas associadas e / ou à aplicação de medidas de proteção adicionais na fronteira da zona.

Importa ainda referir que existem duas configurações diferentes, quer estes seja representado para um SPDA ou para um SPST.

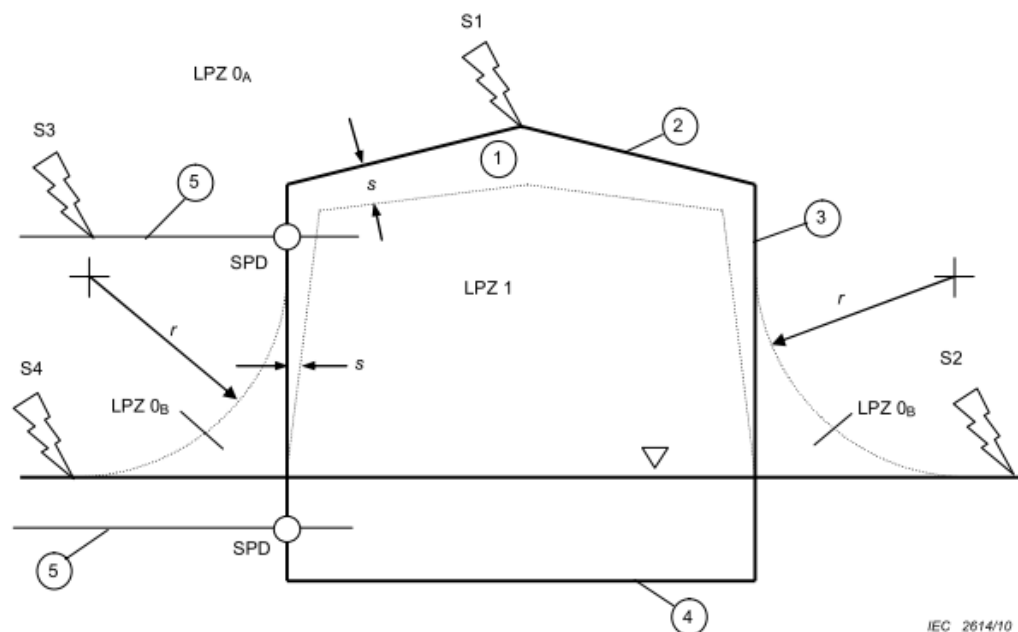


Figura 4.5 - Zonas proteções definidas para um SPDA

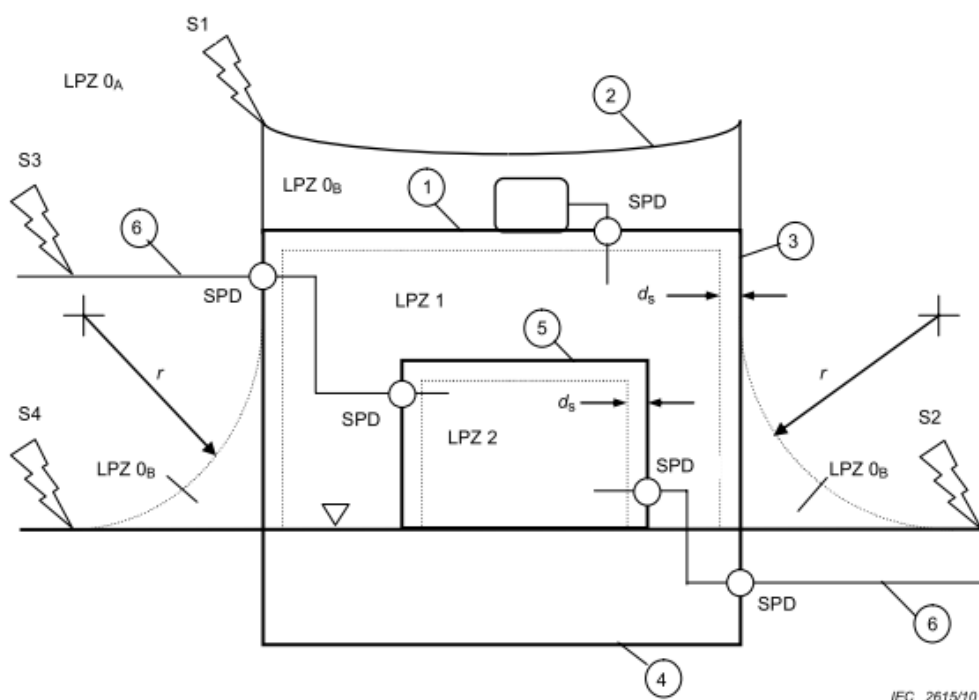


Figura 4.6 - Zonas proteções definidas para um SPST [11]

Relativamente ao efeito das sobretensões causadas nas zonas determinadas é necessário ter em consideração os valores apresentados nas figuras 4.7 e 4.8, quer se trate dos efeitos sentidos na linha de alimentação ou na linha de telecomunicações.

LPL (class)	Low-voltage systems			
	Direct and indirect flashes to the service		Flash near the structure ^a	Flash to the structure ^a
	Source of damage S3 (direct flash) ^b	Source of damage S4 (indirect flash) ^c	Source of damage S2 (induced current)	Source of damage S1 (induced current)
	Current shape: 10/350 μ s kA	Current shape: 8/20 μ s kA	Current shape: ^d 8/20 μ s kA	Current shape: ^d 8/20 μ s kA
III - IV	5	2,5	0,1	5
II	7,5	3,75	0,15	7,5
I	10	5	0,2	10
NOTE All values refer to each line conductor.				
^a Loop conductors routing and distance from inducing current affect the values of expected surge overcurrents. Values in Table E.2 refer to short-circuited, unshielded loop conductors with different routing in large buildings (loop area in the order of 50 m ² , width = 5 m), 1 m apart from the structure wall, inside an unshielded structure or building with LPS ($k_c = 0,5$). For other loop and structure characteristics, values should be multiplied by factors K_{S1} , K_{S2} , K_{S3} (see Clause B.4 of IEC 62305-2:2010). ^b Values relevant to the case of the strike to the last pole of the line close to the consumer and multiconductor (three phase + neutral) line. ^c Values referred to overhead lines. For buried lines values can be halved. ^d Loop inductance and resistance affect the shape of the induced current. Where the loop resistance is negligible, the shape 10/350 μ s should be assumed. This is the case where a switching type SPD is installed in the induced circuit.				

Figura 4.7 - Valores esperados de corrente de sobretensões em sistemas de alimentação [11]

LPL (class)	Telecommunication systems ^a			
	Direct and indirect flashes to the service		Flash near the structure ^b	Flash to the structure ^b
	Source of damage S3 (direct flash) ^c	Source of damage S4 (indirect flash) ^d	Source of damage S2 (induced current)	Source of damage S1 (induced current)
	Current shape: 10/350 μ s kA	Current shape: 8/20 μ s kA	Current shape 8/20 μ s kA	Current shape: 8/20 μ s kA
III - IV	1	0,035	0,1	5
II	1,5	0,085	0,15	7,5
I	2	0,160	0,2	10
NOTE All values refer to each line conductor.				
^a Refer to ITU-T Recommendation K.67 [6] for more information. ^b Loop conductors routing and distance from inducing current affect the values of expected surge overcurrents. Values in Table E.3 refer to short-circuited, unshielded loop conductors with different routing in large buildings (loop area in the order of 50 m ² , width = 5 m), 1 m apart from the structure wall, inside an unshielded structure or building with LPS ($k_c = 0,5$). For other loop and structure characteristics, values should be multiplied by factors K_{S1} , K_{S2} , K_{S3} (see Clause B.4 of IEC 62305-2:2010). ^c Values referred to unshielded lines with many pairs. For an unshielded drop wire, values could be 5 times higher. ^d Values referred to overhead unshielded lines. For buried lines values can be halved.				

Figura 4.8 - Valores esperados de corrente de sobretensões em sistemas de telecomunicações [11]

4.2 - Análise de Risco

A análise de risco que é necessária ter presente neste tipo de estudos está devidamente definida na norma IEC 62305-2 (2010). Ao longo da mesma são apresentados diversas diretivas que possibilitam ao responsável técnico pelo projeto ter segurança na decisão final que tomar.

Desta forma, recorrendo ao fluxograma que se apresenta no Anexo IV, é notório a forma concisa e direta como este tema é abordado.

Logo após ser identificada a estrutura a proteger, são avaliados os tipos de perda existentes. Como foi demonstrado no ponto anterior, existem quatro tipos diferentes de perdas que podem ser determinados: $L1$, $L2$, $L3$ e $L4$. Para cada uma dessas perdas são identificadas e/ou calculadas as correspondentes componentes de risco:

- Componente de risco (lesão aos seres vivos - raio atinge a estrutura) - R_A

$$R_A = N_D \times P_A \times L_A, \quad (4.1)$$

onde N_D corresponde ao número de eventos perigosos ocorridos devido a um raio atingir a estrutura a proteger, P_A e L_A representam respetivamente a probabilidade de lesão para os seres vivos devido ao choque elétrico (raio atinge a estrutura), e a perda associada à ocorrência referida na probabilidade invocada.

- Componente de risco (dano físico a uma estrutura - raio atinge a estrutura) - R_B

$$R_B = N_D \times P_B \times L_B, \quad (4.2)$$

onde N_D corresponde ao número de eventos perigosos ocorridos devido a um raio atingir a estrutura a proteger, P_B e L_B representam respetivamente a probabilidade de danos físicos na estrutura (raio atinge estrutura), e a perda associada à ocorrência referida na probabilidade invocada.

- Componente de risco (falha interna de sistemas - raio atinge a estrutura) - R_C

$$R_C = N_D \times P_C \times L_C, \quad (4.3)$$

onde N_D corresponde ao número de eventos perigosos ocorridos devido a um raio atingir a estrutura a proteger, P_C e L_C representam respetivamente a probabilidade de danos nos sistemas internos (raio atinge a estrutura), e a perda associada à ocorrência referida na probabilidade invocada.

- Componente de risco (falha de sistemas internos - raio atinge a vizinhança de estrutura) - R_M

$$R_M = N_M \times P_M \times L_M, \quad (4.4)$$

onde N_M corresponde ao número de eventos perigosos ocorridos devido aos efeitos de um defeito próximo da estrutura a proteger, P_M e L_M representam respetivamente a probabilidade de falha nos sistemas internos (raio próximo da estrutura), e a perda associada à ocorrência referida na probabilidade invocada.

- Componente de risco (lesão de ser vivo - raio atinge uma linha) - R_U

$$R_U = (N_L + N_{DJ}) \times P_U \times L_U, \quad (4.5)$$

onde N_L e N_{DJ} corresponde a respetivamente ao número de eventos perigosos devido ao raio atingir uma linha e número de eventos perigosos ocorridos devido a um raio atingir a estrutura adjacente àquela que se encontra a proteger; P_U representa probabilidade de lesão para os seres vivos devido ao choque elétrico (raio atinge uma linha) e L_U define a perda associada à ocorrência referida na probabilidade invocada.

- Componente de risco (danos físicos à estrutura - raio atinge uma linha) - R_V

$$R_V = (N_L + N_{DJ}) \times P_V \times L_V, \quad (4.6)$$

onde N_L e N_{DJ} corresponde a respetivamente ao número de eventos perigosos devido ao raio atingir uma linha e número de eventos perigosos ocorridos devido a um raio atingir a estrutura adjacente àquela que se encontra a proteger; P_V probabilidade de danos físicos na estrutura (raio atinge uma linha) e L_V define a perda associada à ocorrência referida na probabilidade invocada.

- Componente de risco (falha de sistemas internos - raio atinge uma linha) - R_W

$$R_W = (N_L + N_{DJ}) \times P_W \times L_W, \quad (4.7)$$

onde N_L e N_{DJ} corresponde a respetivamente ao número de eventos perigosos devido ao raio atingir uma linha e número de eventos perigosos ocorridos devido a um raio atingir a estrutura adjacente àquela que se encontra a proteger; P_W probabilidade de falha nos sistemas internos (raio atinge uma linha) e L_W define a perda associada à ocorrência referida na probabilidade invocada.

- Componente de risco para uma estrutura - R_X

$$R_X = N_X \times P_X \times L_X, \quad (4.8)$$

onde N_X corresponde ao número de eventos perigosos ocorridos num ano, enquanto P_X e L_X representam respetivamente a probabilidade de ocorrer de danos relevantes para a estrutura, e a perda associada à ocorrência referida na probabilidade invocada.

- Componente de risco (falha de sistemas internos - raio atinge a vizinhança de uma linha) - R_Z

$$R_Z = N_I \times P_Z \times L_Z, \quad (4.9)$$

onde N_I corresponde ao número de eventos perigosos ocorridos devido aos efeitos de um defeito próximo de uma linha ligada à estrutura a proteger, enquanto P_A e L_A representam respetivamente a probabilidade de falha nos sistemas internos (raio atinge uma proximidade de uma linha), e a perda associada à ocorrência referida na probabilidade invocada.

- Proteger a resistência por unidade de comprimento de um cabo - R_T
- Risco tolerável - R_S

Depois de todos estes parâmetros calculados, é necessário verificar se $R > R_T$, ou seja, se o risco envolvido é superior ao risco tolerável. No caso de negativo, a estrutura está devidamente protegida e não será necessário qualquer outra intervenção. Caso contrário, e o

risco associado seja superior ao risco tolerável, então novas medidas de proteção têm que ser adotadas. Para tal é necessário ter consciência se existe algum SPDA instalado na estrutura a proteger.

Caso não exista qualquer SPDA instalado, é imperativo verificar se o risco tolerável é inferior ao somatório dos R_A , R_B , R_U e R_V . Em caso afirmativo, é conveniente a instalação de um SPDA, enquanto no caso negativo, a instalação adequada passa a ser de um SPST. Todavia se o risco tolerável for superior ao somatório do risco R_A e R_B , então não é necessário um SPDA completo, bastando para o efeito um sistema concordante com o descrito ao longo da norma IEC 62305-3. Neste documento são apresentadas as possíveis formas de instalação de um sistema de proteção contra descargas diretas.

Se por ventura não existir qualquer SPDA instalado, então é necessário confirmar se a instalação possui algum SPST aplicado. No caso de não existir, é oportuno capacitar a instalação com um sistema desta ordem, caso contrário e na eventualidade de este já estar instalado, então têm que ser adotadas novas medidas de proteção.

Para tal, a norma IEC 62305-2 (2010) disponibiliza uma série de medidas, que interferem com as componentes de risco e que podem ser aplicadas no sentido de melhorar a segurança da instalação em causa. Estas medidas podem ser visíveis na tabela 4.9.

Characteristics of structure or of internal systems	R_A	R_B	R_C	R_M	R_U	R_V	R_W	R_Z
Protection measures								
Collection area	X	X	X	X	X	X	X	X
Surface soil resistivity	X							
Floor resistivity	X				X			
Physical restrictions, insulation, warning notice, soil equipotentialization	X				X			
LPS	X	X	X	X ^a	X ^b	X ^b		
Bonding SPD	X	X			X	X		
Isolating interfaces			X ^c	X ^c	X	X	X	X
Coordinated SPD system			X	X			X	X
Spatial shield			X	X				
Shielding external lines					X	X	X	X
Shielding internal lines			X	X				
Routing precautions			X	X				
Bonding network			X					
Fire precautions		X				X		
Fire sensitivity		X				X		
Special hazard		X				X		
Impulse withstand voltage			X	X	X	X	X	X
^a Only for grid-like external LPS. ^b Due to equipotential bonding. ^c Only if they belong to equipment.								

Figura 4.9 - Fatores que influenciam as componentes de risco [12]

4.2.1 - Avaliação benefício-custo de implementação das medidas de proteção escolhidas

Na eventualidade de ser necessário tomar algum tipo de medidas de proteção no sentido de garantir a segurança na estrutura que se encontra a proteger e nas pessoas que partilham esse espaço, é oportuno realizar uma avaliação do impacto custo-benefício que estas medidas irão acarretar. Assim, e tal como o Anexo III demonstra, o documento IEC 62305-2 (2010) disponibiliza um procedimento no sentido de normalizar a forma como este estudo deve ser realizado.

Seguindo as orientações que o referido documento disponibiliza, numa fase preliminar é necessário avaliar economicamente as estruturas e atividades a elas associadas, para que em seguida possam ser determinados as componentes de risco (R_x) associadas às perdas económicas (R_d) nas diferentes zonas estipuladas.

Posteriormente, são calculados os custos anuais de perdas totais e os custos de perda residual compreendendo já as medidas de proteção estipuladas. Por fim é determinado o custo anual associado às medidas selecionadas.

Na eventualidade do custo anual de perda total ser superior ao somatório do custo anual das medidas de proteção estipuladas com os custos de perdas residuais na presença das medidas estipuladas, então é rentável a adoção das medidas de proteção apresentadas, caso tal condição não se verifique, a sua aplicação não se torna rentável economicamente.

4.3 - Sistema Proteção contra Descargas Atmosféricas

Tal como foi possível verificar no ponto 2.4.1, as consequências que advém deste tipo de fenómenos são deveras prejudicial. A norma IEC 62305-3 (2010) apresenta, tal como para anteriores análises, de forma sistémica, organizada e eficaz, como deve ser escolhido e implementado esse mesmo sistema SPDA (Anexo I).

Como a área que um SPDA tem para proteger não é estática, deve ser previamente definida dependendo dos fatores dinâmicos, como por exemplo a forma da estrutura a serem protegidas, as massas metálicas e objetos metálicos na parte externa da edificação, variações térmicas, intensidade do campo elétrico da região a ser protegida, etc. Por isso mesmo existem três métodos diferentes de aplicar estes sistemas.

Todavia, antes de iniciar a escolha dos componentes a instalar têm de ser analisar as características da estrutura a proteger. Em seguida serão avaliados os riscos envolvidos e determinado o nível de proteção.

4.3.1 - Nível de proteção

Para determinar o nível de proteção do SPDA, a norma que serve de base para esta análise e que foi anteriormente referida (62305-3 (2010)), invoca uma relação direta entre estes níveis de proteção e os analisados na Figura 4.3 e na Figura 4.4.

LPL	Class of LPS
I	I
II	II
III	III
IV	IV

Figura 4.10 - Relação entre os níveis de proteção contra descargas e dos SPDA [13]

Esta avaliação não depende do tipo de materiais utilizados no SPDA e condições de utilização, das configurações utilizadas na instalação ou das dimensões mínimas dos condutores de ligação. Todavia depende dos parâmetros das descargas (referidas na Figura 4.3 e na Figura 4.4), do raio da esfera e do ângulo de proteção do captador, do comprimento dos eletrodos de terra e da distância mínima de separação dos condutores de descida.

4.3.2 - Pára-Raios

Pára-raios ou Sistema de Proteção contra descargas atmosféricas, cuja finalidade é “interceptar, conduzir e dispersar na massa condutora da Terra” destes fenómenos naturais, corresponde ao “conjunto de equipamentos cuja finalidade é proteger um edifício ou uma estrutura e o respetivo conteúdo contra efeitos perniciosos das descargas atmosféricas diretas neles incidentes” [8]

Da sua constituição consideram-se partes fundamentais de um pára-raios o captador, condutor de descida e eletrodo de terra. Os materiais utilizados nos componentes dos pára-raios são o cobre, o ferro galvanizado e o aço inoxidável. De forma a evitar a corrosão das respetivas ligações, é importante tentar que, tanto quanto possível, todos os elementos do sistema sejam compostos pelo mesmo tipo de material.

4.3.2.1 - Captadores

Caraterizando independentemente cada um dos elementos constituintes deste sistema de proteção e começando no captador, este corresponde à parte que se “destina a interceptar as descargas atmosféricas incidentes no volume a proteger”, podendo este ser natural ou artificial.

Como captadores naturais podem ser utilizados os “elementos metálicos existentes na parte superior da estrutura a proteger e suficientemente dimensionados para suportar o impacto direto de uma descarga, sendo que estes podem ser por exemplo “chaminés, claraboias, depósitos”, etc. [8] De forma a evitar inconvenientes causados pela perfuração destas estruturas, as espessuras mínimas destas estruturas não deveram ser inferiores a 4mm no caso do ferro, 5mm no cobre e 7mm em alumínio. A sua integração nos pára-raios é realizada através dos condutores de cobertura. [8, 13]

Relativamente aos captadores artificiais, e seguindo as diretrizes invocadas no ponto 3.2, a aplicação destes pode ser realizada e essencialmente com recurso a três práticas: Hastes verticais (tipo Franklin), condutores de cobertura ou emalhado de condutores (Gaiola de Faraday).

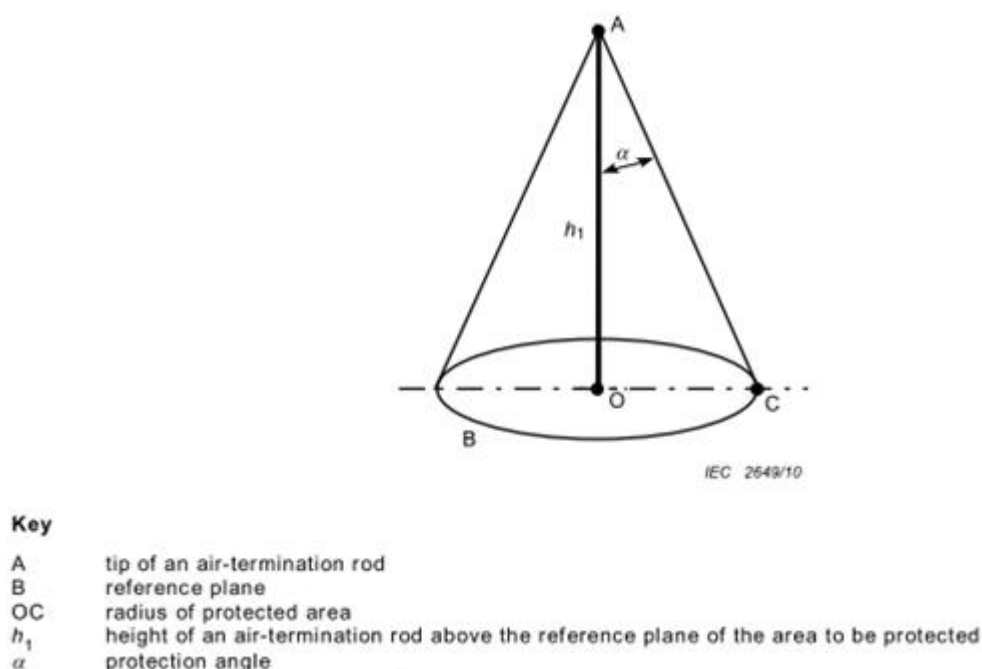
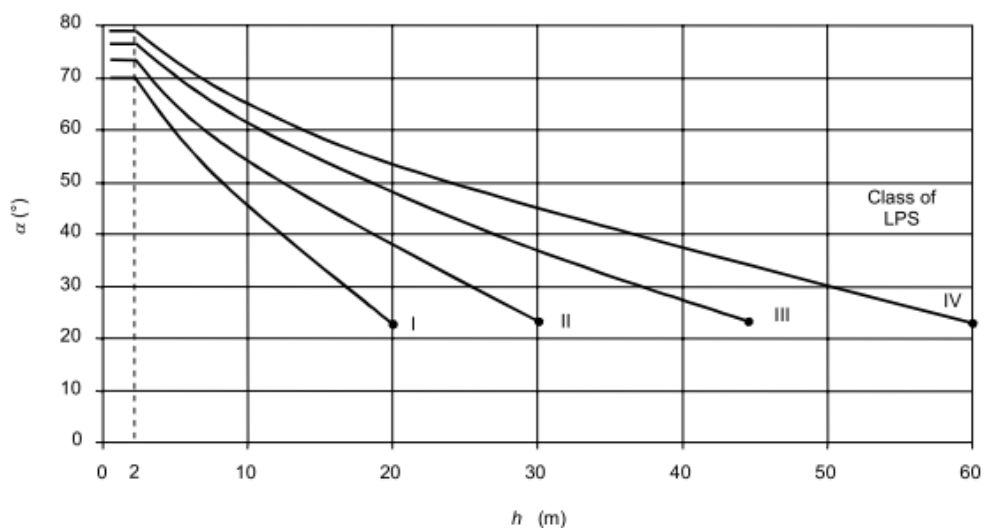


Figura 4.11 - Exemplo da forma de proteção do método de Hastes Verticais (tipo Franklin) [13]

No primeiro caso apresentado, estes são constituídos por “um ou mais elementos da mesma natureza, eletricamente contínuos e suficientemente dimensionados para suportar as solicitações mecânicas e térmicas a que possam vir a estar submetidas”. [8]

Segundo a norma vigente, os pára-raios do tipo Franklin são instalados para proteger o volume de um cone, onde o captor fica no vértice e a área que o mesmo protege varia de acordo com o ângulo que este apresenta e o nível de proteção e a altura da estrutura. Os materiais utilizados nestes equipamentos são o cobre, ferro galvanizado por imersão e aço inoxidável. [13]

Class of LPS	Protection method		
	Rolling sphere radius r m	Mesh size w_m m	Protection angle α°
I	20	5 × 5	See Figure 1 below
II	30	10 × 10	
III	45	15 × 15	
IV	60	20 × 20	



IEC 2646/10

NOTE 1 Not applicable beyond the values marked with •. Only rolling sphere and mesh methods apply in these cases.

NOTE 2 h is the height of air-termination above the reference plane of the area to be protected.

NOTE 3 The angle will not change for values of h below 2 m.

Figura 4.12 - Valores máximos do raio da esfera, largura de malha e ângulo de proteção correspondente ao nível de SPDA [13]

Por sua vez, os condutores de cobertura são utilizados para “conduzir a corrente de descarga desde os captadores até às descidas”. A sua instalação implica a colocação de “suportes apropriados” aplicados a uma distância devidamente estipulada consoante o nível de proteção. [8]

O modelo aplicado nestas situações é designado como Eletrogeométrico (ou esfera rolante, esfera fictícia ou método da bola), e traduz uma evolução do método de proteção tipo Franklin, onde a tangente ao invés de ser reta é parabólica. [13]

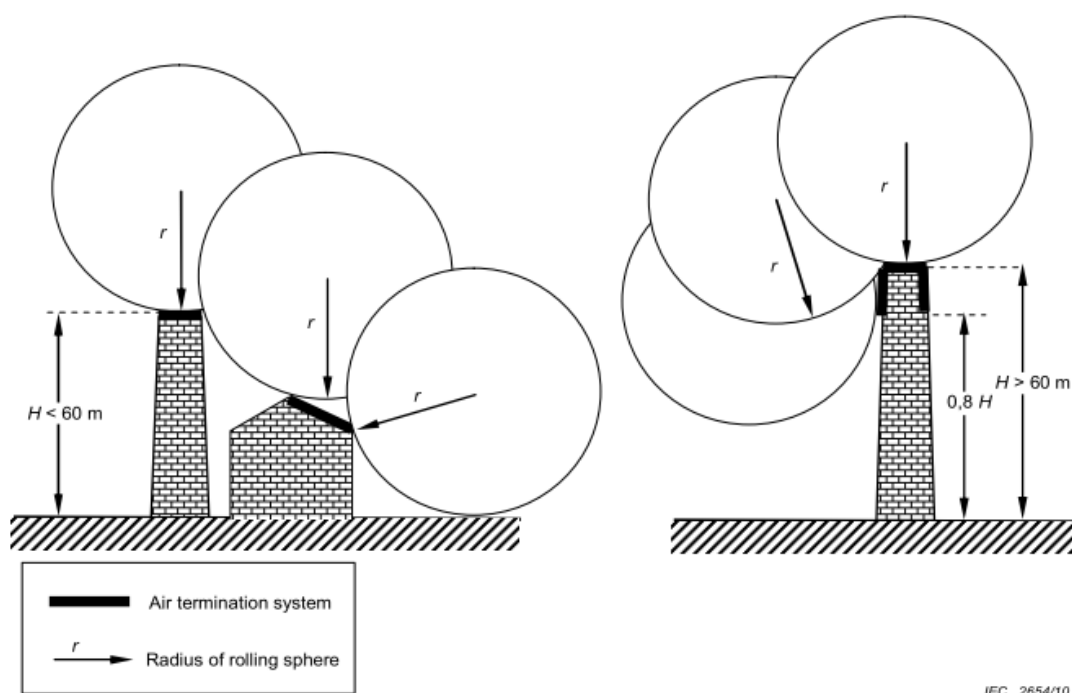


Figura 4.13 - Exemplo de aplicação do método Eletrogeométrico (esfera fictícia) [13]

Em síntese, este modelo consiste em fazer rolar uma esfera fictícia sobre uma estrutura, em todos os sentidos, determinando assim os locais de maior probabilidade de serem atingidos por uma descarga atmosférica, tendo como princípio que esses locais têm um potencial elevado de gerar traçadores ascendentes que deverão se precipitar ao encontro de traçador descendente. Devido à sua instalação em locais elevados, estes podem servir de captadores, integrando sistemas de condutores emalhados, tal como gaiola de Faraday.

Analisando este último sistema invocado, a gaiola de Faraday é implementada ao “nível da cobertura por um polígono, formado por condutores instalados no perímetro superior da estrutura, e por condutores transversais e longitudinais estabelecidos por forma a constituir em malhas tanto quanto possível regulares”. Devido à similaridade com os condutores de cobertura, a sua instalação também carece da instalação de apoios apropriados. [8]

Tecnicamente, este método consiste em instalar um sistema de captosres formados por condutores horizontais interligados em forma de malha. É baseado na teoria de Faraday, segundo a qual, o campo no interior de uma gaiola é nulo, mesmo quando passa uma corrente muito elevada pelos seus condutores. Contudo para isto acontecer é necessário que a corrente se distribua uniformemente por toda a superfície.

Quanto menor for a distância entre os condutores da malha, melhor será a proteção obtida, sendo que a instalação deste sistema não obriga a que os condutores constituintes do mesmo estejam visíveis sobre telhas ou placas, sendo nesta situação excluídas estas estruturas do volume de proteção.

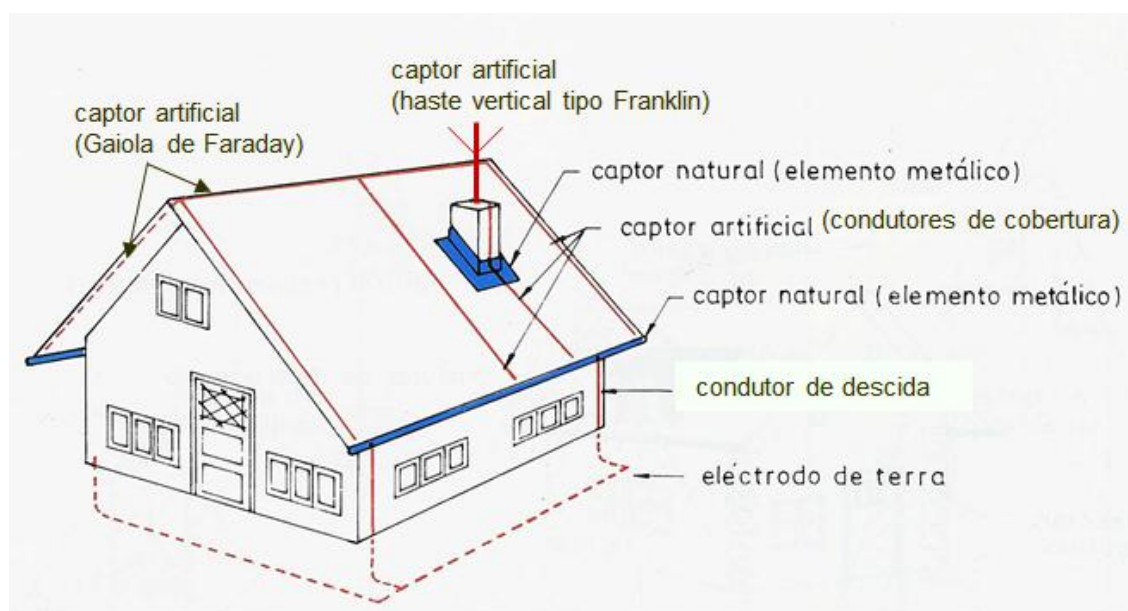


Figura 4.14 - Exemplo dos diversos tipos de captadores [28]

4.3.2.2 - Condutores de Descida

Este tipo de componentes faz parte do sistema de pára-raios com o intuito de conduzir a corrente de descarga desde os captadores até aos elétrodos de terra. A implementação deste sistema tem como objetivo fornecer à referida corrente o maior número possível de caminhos possíveis até à terra e minimizar o comprimento e a impedância dos caminhos possíveis. Estes podem ser, tal como no caso dos captadores, considerados condutores de descidas naturais e artificiais.

Estes últimos devem ser condutores nus e normalmente são compostos por cobre, ferro galvanizado ou aço inoxidável. Dependendo do tipo de condutor escolhido, as suas espessuras variam de forma a garantir que as propriedades dos mesmos não são afetadas quando ocorre uma descarga. Não devem ser nunca utilizados cabos isolados, quer sejam ou não coaxiais.

O número mínimo de descidas artificiais é dois, sendo o traçado apresentado por estas o mais vertical e rectilíneo possível, isto de forma a minimizar o percurso entre os elementos captadores das descargas e a terra.

Devem ser evitadas sempre que possível a proximidade a zonas onde normalmente se encontram ou passam pessoas, como são exemplos disso as portas, janelas e varandas, assim como zonas com previsível ação mecânica intensa. [8]

Por norma, as descidas devem ser instaladas de forma visível, fixadas nas estruturas a proteger por intermédio de suportes apropriados distribuídos a uma distância conveniente para o nível de proteção existente. A distância típica entre condutores de descida, de acordo com o nível de proteção que adota, pode ser verificada na figura 4.15.

Class of LPS	Typical distances m
I	10
II	10
III	15
IV	20

Figura 4.15 - Distância típica entre condutores de descida, de acordo com o nível de proteção que adota [13]

É contudo admissível que as descidas sejam aplicadas “embebidas nas paredes” da estrutura que se pretende proteger, contudo a sua aplicação tem que ser efetivada num tubo de material não metálico e não combustível. [8]

Tanto no caso dos condutores de descida estarem visíveis na fachada como no caso de estarem embebidos na parede como supracitado, tem que existir um ponto onde as medições das características dos mesmos possam ser efetuadas. É imperativo a instalação deste ponto, normalmente uma caixa, sob pena do componente perder propriedades físicas que impeçam a total segurança a que o técnico responsável se propõe, sem que o mesmo tenha capacidade de avaliar.

Existem ainda as descidas naturais no qual são consideradas para o efeito todos os elementos metálicos existentes na estrutura a proteger que garantam a continuidade elétrica que apresentem baixa impedância e possuam características mecânicas suficientes para garantir que a segurança em momento algum é colocada em causa, nomeadamente no tamanho.

Por tudo isto é determinante projetar a instalação do pára-raios antes ainda da implementação e conclusão da estrutura, de forma a minimizar os custos associados à aquisição destes componentes mas também para retirar as correspondentes vantagens técnicas e estéticas desta solução.

4.3.2.3 - Eléctrodo de Terra

Este componente tem como principal objetivo dispersar toda a corrente que seja captada e conduzida pelos componentes anteriores do pára-raios, dispersando-o na massa condutora da terra.

É constituído por um ou mais corpos condutores em contacto direto com o solo, assegurando uma consistente ligação elétrica com a terra. De forma a ter uma eficiência elevada, os eléctrodos utilizados devem ser tão malhados quanto possível de forma a dividir a corrente a escoar pelo maior número de ramificações. Existem dois tipos de instalação

praticável para estes componentes, sendo a primeira denominada “em anel” e a segunda “radial”. [28]

Quanto à ligação “em anel”, este tipo de instalação é constituído por um condutor instalado na “base das fundações do edifício ou embebido no maciço de betão das fundações” [8]. Em alternativa é viável a utilização desta ligação através de condutores enterrados a uma profundidade característica para cada nível de proteção.

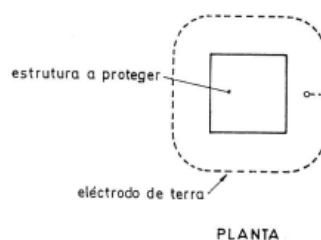


Figura 4.16 - Exemplo de uma instalação do tipo “em anel” [8]

A determinação do raio de proteção é determinado com auxílio à figura 4.17, sendo necessário que o raio $\geq I_1$.

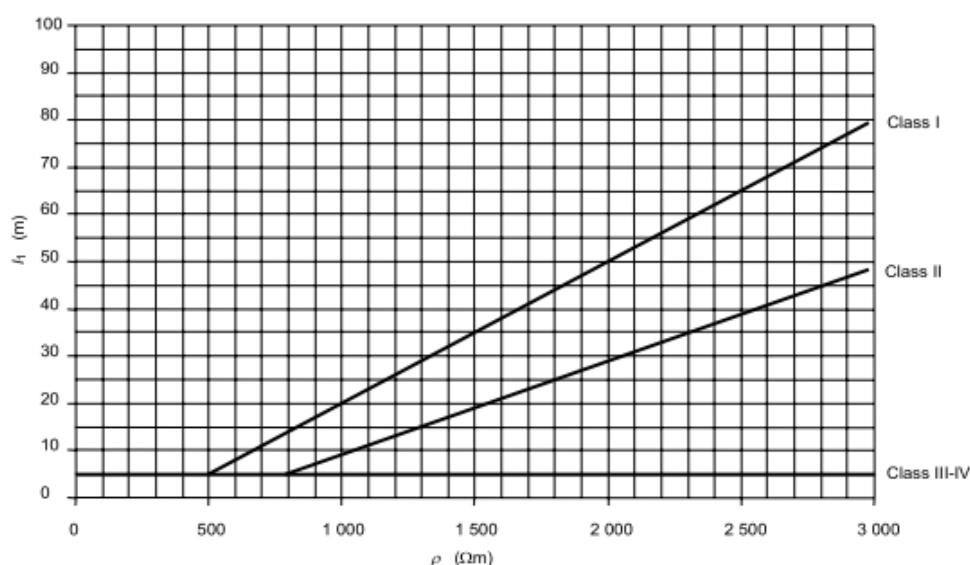


Figura 4.17 - Comprimento mínimo (I_1) de cada eletrodo de terra em relação à resistividade do solo, de acordo com o nível de proteção e a resistividade por metro. [13]

Nos casos em que o raio é inferior a I_1 , é necessário a adição eletrodos horizontais (I_r) e vertical (I_v). A escolha dos mesmos é realizada com auxílio às equações

$$I_r = I_1 - r_e \quad (4.10)$$

$$I_v = (I_1 - r_e)/2 \quad (4.11)$$

sendo que o número total de eletrodos utilizados não deve ser, em situação alguma, inferior ao número de condutores de descida, ou seja dois.

Na segunda situação referida, também denominada como “pata de ave”, a aplicação deste sistema compreende a utilização de eléktodos horizontais e verticais instalados no exterior da estrutura a proteger e sem formar qualquer anel fechado.

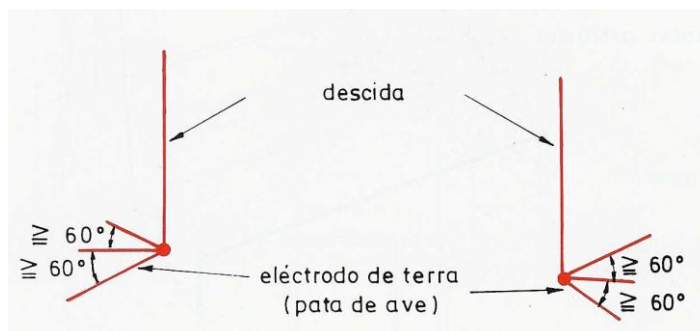


Figura 4.18 - Exemplo de uma instalação “radial” [28]

Tal como no caso anterior, o número total de eléktodos a utilizar não deve ser inferior a dois. O dimensionamento dos respetivos eléktodos acontece com recurso à Figura 4.17 (sendo que o nível III e IV não dependem da resistividade do solo) e seguindo as seguintes definições:

- I_1 , para os eléktodos horizontais;
- $0,5 I_1$, para os eléktodos verticais ou inclinados.

No caso de ser alcançada uma resistividade terra inferior a 10Ω , no sistema instalado, deve ser ignorada a combinação de eléktodos horizontais e verticais, sendo esta condição aplicável pela norma IEC 62305-2 (2010).

Também aqui podem ser utilizados componentes naturais, compreendendo para tal as estruturas metálicas enterradas que façam parte ou penetrem na estrutura a proteger. São ainda normalmente utilizadas com a mesma finalidade, as fundações em betão armado, desde que a sua continuidade elétrica seja assegurada.

Devido à dificuldade de manutenção, de verificação de características e de medição destas estruturas, a utilização de eléktodos naturais não dispensa a utilização de componentes artificiais.

4.3.3 - Ligação Equipotencial

Neste ponto da instalação de um SPDA será abordada a necessidade de instalação de um sistema “interno”. Este facto acontece, tal como foi referido no ponto 2.4.1, porque estudos realizados demonstram que a corrente proveniente de uma descarga atmosférica é repartida de igual modo entre a terra de proteção e o sistema de alimentação e sinal das estruturas a proteger.

Por tudo isto, a proteção interna correspondente a um SPDA tem como função evitar a formação de defeitos perigosos no interior das estruturas a proteger. Os defeitos que podem ocorrer nestes locais têm normalmente origem quando são produzidas diferenças elevadas de potencial com as partes metálicas ou elétricas provenientes da estrutura, sendo que estas podem estar eletricamente carregadas ou não.

Assim para que a estrutura tenha um SPDA interno devidamente instalado, é necessário que as estruturas e instalações metálicas do edifício (por exemplo: tubos água e gás), condutores instalados exteriormente e equipamentos ligados à energia elétrica ou através de sinal (telecomunicações) estejam todos eles ligados a esta estrutura. De notar que estruturas que foram previamente definidos como condutores de proteção naturais, devem ser igualmente ligadas a esta estrutura.

A implementação desta ligação deve ser realizada ao nível do solo e as dimensões dos respetivos condutores está descrita nas figuras seguintes, tal como refere o documento IEC 62305-3 (2010).

Este sistema pode ser implementado com recurso a três filosofias distintas de regime de neutro: TT, TN e IT. Individualizando cada um destes sistemas de proteção, o primeiro apresenta-se como o mais comum, sendo mesmo o que é aplicado na generalidade das instalações elétricas. Tecnicamente possui uma ligação direta do neutro à terra de serviço e as massas ligadas diretamente à terra de proteção. O que o distingue dos restantes é que este sistema é mais simples no estudo e na conceção e é mais fácil de encontrar os defeitos, isto porque corta a alimentação à instalação ao 1º defeito.

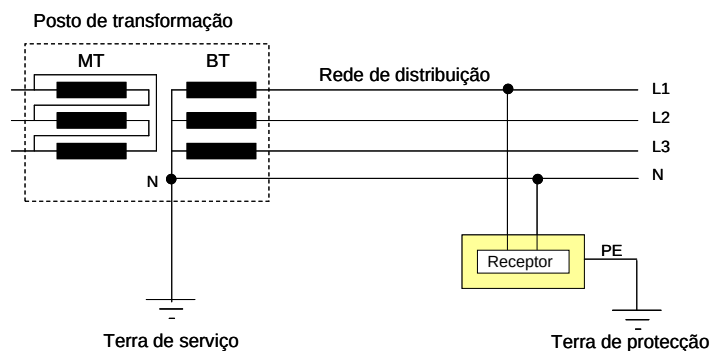


Figura 4.19 - Esquema ligação sistema TT [29]

Outro dos sistemas existentes é o TN e caracteriza-se como tendo uma ligação direta do neutro à terra de serviço e as massas ligadas diretamente ao neutro. É normalmente utilizado em instalações industriais e em redes onde é difícil conseguir boas ligações à terra ou não é viável a instalação de dispositivos diferenciais. Este sistema pode ser dividido em TN-C e TN-S. O primeiro é descrito através da ligação comum do condutor neutro e de proteção, enquanto na segunda situação tem os referidos condutores separados. Com a utilização do sistema TN é necessário ter em atenção a corrente de defeito porque a mesma pode atingir valores muito elevados, aumentando os riscos de ocorrência de incêndios.

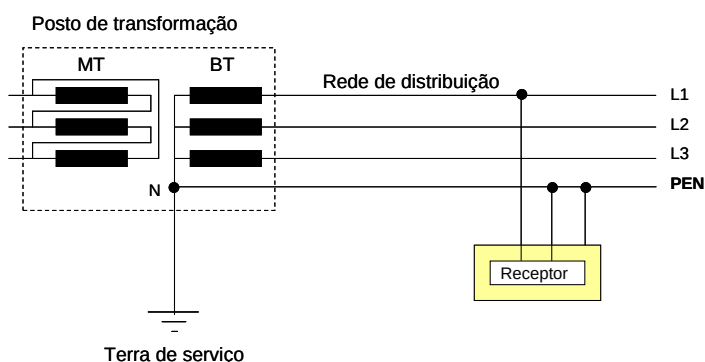


Figura 4.20 - Esquema ligação sistema TN-C [29]

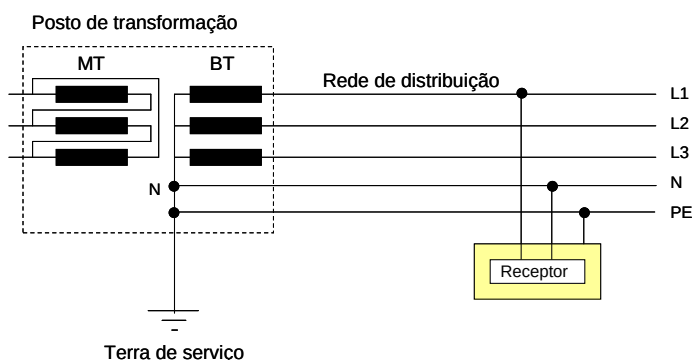


Figura 4.21 - Esquema ligação sistema TN-S [29]

Por último existe ainda o sistema IT que se apresenta como um sistema indicado nas situações onde não é pretendido o corte automático ao primeiro defeito, ficando assegurada a melhor continuidade de serviço, contudo a sua implementação implica uma sistemática manutenção e conservação (exemplo: blocos operatórios nos hospitais).

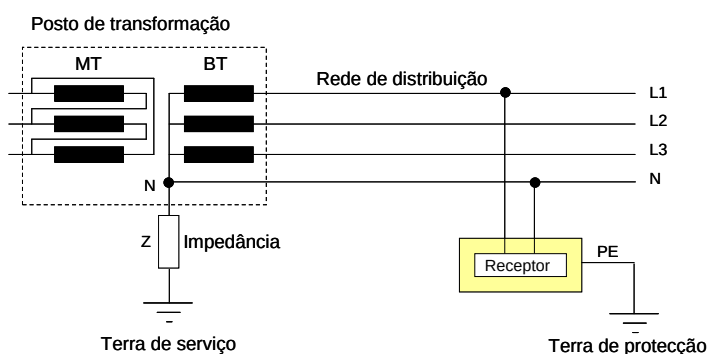


Figura 4.22 - Esquema ligação sistema IT [29]

O conhecimento do tipo de sistema instalado numa determinada estrutura é fundamental no sentido de poder coordenar esta instalação de proteção com os equipamentos utilizados para proteger contra os efeitos indiretos das descargas atmosféricas.

4.4 - Proteção efeitos indiretos das Descargas Atmosféricas

Até ao momento todos os dispositivos, sistemas e métodos analisados visavam a proteção das estruturas e instalações contra os efeitos diretos das descargas atmosféricas. Analisando a forma de proteção para os efeitos indiretos causados por estes fenómenos naturais, esta é assegurada por dispositivos com capacidade para tal, que são designados por descarregadores de corrente de raio e de sobretensão (DST).

A instalação destes dispositivos como medidas efetivas de proteção deve ser validada pela prévia elaboração da análise de risco, tal como se encontra definido no ponto 4.2 (Anexo II). Existem dois tipos de descarregadores que devem ser implementados, quer a proteção seja realizada nas ligações de energia ou de sinal.

Segundo a informação disponibilizada no documento IEC 62305-4 (2010), para obter um sistema completo, robusto e eficaz, os equipamentos externos e as interligações entre estruturas não podem ser esquecidas.

4.4.1 - Descarregadores de Energia

A aplicação destes equipamentos carece da informação disponibilizada por cada fabricante, em particular das suas características e esquemas de montagem, mas também dos resultados dos testes que os mesmos efetuaram antes da sua comercialização.

Todavia e independentemente da combinação escolhida, por razões de segurança e de boa coordenação das proteções, estes dispositivos devem ser associados a elementos com capacidade de corte (normalmente fusíveis). Os fusíveis têm como finalidade eliminar o curto-circuito provocado pelo DST, quando este cumpre a sua função de descarga. [30]

4.4.1.1 - Características dos Descarregadores de Energia

Estes dispositivos são caracterizados essencialmente pelos seguintes parâmetros:

- Corrente I_{max} e I_{imp} - Este é o valor máximo de uma corrente de sobretensão que pode ser descarregada à terra por este dispositivo de proteção. Como existem dois tipos distintos de forma de onda quer esta seja longa (10/350 μs) ou curta (8/20 μs), estes parâmetros são avaliados independentemente. Assim:
 - I_{max} é o valor máximo de corrente de uma forma de onda curta.
 - I_{imp} é o valor máximo de corrente de uma forma de onda longa.

- Nível de proteção (U_p) - Corresponde à tensão dada por um DST quando desvia a corrente para a terra. Este valor não pode exceder o valor de tensão admissível no equipamento ligado a jusante.
- Tensão máxima de operação (U_c) - Valor da tensão a que um dispositivo de proteção contra sobretensões pode estar permanentemente ligado. É necessário ter em consideração a tensão nominal da rede e as tolerâncias possíveis.
- Capacidade de extinção de correntes consecutivas de rede (I_f) - É a corrente que flui pelo descarregador após o processo de descarga, sendo fornecida pela rede.
- Tempo de resposta (t_A) - Caracteriza-se essencialmente pela resposta de cada elemento de proteção utilizado nos descarregadores.

Saliente-se que é necessário ter em consideração a coordenação energética entre estes dispositivos e os equipamentos a proteger.

4.4.1.2 - Instalação e Tipos de Descarregadores de Energia

São várias as combinações possíveis de realizar com estes equipamentos, consoante o tipo de regime de neutro instalado, a zona onde os mesmos se aplicam e os equipamentos que se pretende proteger.

Por isso mesmo, o primeiro ponto a definir aquando da elaboração de um projeto desta envergadura é o regime de neutro utilizado. Como foi apresentado no ponto 4.3.3, existem três possibilidades possíveis, TT (o mais comum), TN e IT.

Determinado o regime de neutro, é necessário definir as zonas de proteção da estrutura onde esta instalação irá ocorrer. A definição de zonas referida no documento IEC 62305-4 (2010) decorre de forma similar ao descrito na Tabela 4.5. De referir que a instalação destes dispositivos de proteção é realizada sempre na fronteira das zonas, ou seja no ponto mais crítico de proteção, de forma a garantir que a segurança dos equipamentos não é ignorada em momento algum.

Tabela 4.6 - Transição entre zonas proteções associadas a sobretensões [14,22]

LPZ0A - LPZ0B	Nenhuma medida utilizada
LPZ0B - LPZ1	Zona passível de ocorrência de defeito grave (onda 10/350 μ s) - Aplicação sistema proteção grossa (DST Tipo1)
LPZ1 - LPZ2	Zona passível de ocorrência de defeito médio (onda 8/20 μ s) - Aplicação sistema proteção intermédia (DST Tipo2)
LPZ2 - LPZ3	Zona passível de ocorrência de defeito leve - Aplicação sistema proteção fina (DST Tipo3)

Posto isto, são definidas estratégias de coordenação dos diferentes dispositivos de forma a garantir total segurança ao longo da execução do projeto e em caso de ocorrência de algum defeito. Tal como já foi referido, existem várias combinações possíveis garantidas pelos fabricantes destes dispositivos, sendo da responsabilidade de cada executante garantir que as mesmas não são adulteradas ou ignoradas.

Analisando independentemente cada gama de equipamentos disponibilizados, é possível conferir que os mesmos se apresentam divididos entre DST de sinal e de energia, consoante as necessidades apresentadas. Quanto aos DST's de energia, estes estão organizados essencialmente em quatro grupos: Gama Tipo 1, Gama Tipo 2, Gama Combinada e Gama Tipo 3.



Figura 4.23 - Capa do catálogo 2010/2011 do fornecedor DEHN para proteção de sobretensões. [35]

Os DST Tipo 1 são patenteados com a capacidade de manobrar e descarregar grandes quantidades de energia proveniente das descargas atmosféricas. A sua instalação é fundamental quando a instalação está exposta aos efeitos de descargas diretas. Por isso a sua utilização está representada na Tabela 4.6 como sendo na transição da zona LPZ0B para a LPZ1 (proteção grossa), ou seja, no local onde o eventual impacto ocorre com maior severidade, isto porque estão preparados e testados para ser eficientes aquando do surgimento de formas de onda do tipo 10/350 μ s.

Por sua vez os DST Tipo 2 não tem a mesma capacidade de descarregar a alta energia de raio direto como acontecia no caso anterior, contudo apresenta um nível de proteção (U_p) melhor que este, ou seja, melhor proteção dos equipamentos. Daí que a sua utilização seja recorrente numa fase intermédia do sistema de proteção (proteção intermédia), onde a preocupação com a proteção dos equipamentos começa a ser o aspeto mais relevante.

Existem ainda os dispositivos Tipo Combinado, tendo estes surgido para colmatar uma lacuna existente no mercado, isto porque estão preparados para atuar na forma de onda 10/350 μ s mas também na onda 8/20 μ s. Por outras palavras substituem perfeitamente os dois modelos apresentados anteriormente. Estruturalmente reúnem as características específicas de ambos, o que permite sustentar valores muito elevados de corrente (tal como os DST Tipo1) e em simultâneo apresentar um nível de proteção suficiente para proteger convenientemente os dispositivos que a ele estão associados (tal como os DST Tipo 2).

A sua utilização, tal como todas as outras, tem que ser apresentada numa coordenação coincidente com a informação disponibilizada por cada fabricante. No caso de esta coordenação não ser seguida existe a possibilidade da eficácia do mesmo ser colocada em causa.

Por último existe os DST Tipo 3 que são utilizados para a proteção contra sobretensões de equipamentos individuais ou de um grupo de equipamentos devidamente designados, consoante o local onde a sua instalação é executada. Estes dispositivos sugerem uma utilização muito seletiva e personalizada, isto porque apenas é conveniente a sua utilização junto dos equipamentos fundamentais para o correto funcionamento de todo o processo, ou onde o seu valor económico seja tal que justifique a sua implementação. Têm como principais características a capacidade de limitar a tensão devido ao seu nível de proteção, possibilidade de descarga na ordem dos 5kA e ainda se encontram disponíveis em diferentes tensões nominais (24V, 48V, 60V, 120V, 230V).

A sua aplicação pode ser realizada em quadros elétricos (como todos os outros), mas também nas próprias tomadas onde o equipamento a proteger está ligado.

4.4.2 - Descarregadores de Sinal

Nas ligações de sinal são também diversas as combinações permitidas realizar por parte do fabricante, sendo que as mesmas devem ser aplicadas consoante a necessidade e a instalação onde os dispositivos serão inseridos.

Na implementação destes dispositivos não é relevante o sistema de neutro que a instalação dispõe, sendo contudo necessário conhecer, tal como nos descarregadores de energia, a zona onde estes dispositivos serão aplicados.

Após estar reunida esta informação é essencial conhecer-se qual o tipo de equipamento que se pretende proteger. Atualmente existem dispositivos para proteção de sistemas telefones, antenas, sistemas de transmissão de dados, sistemas de vídeo e rádio entre outros.

Findado isto, são analisadas as características dos dispositivos escolhidos e implementados seguindo a informação que o fornecedor disponibiliza aquando da comercialização dos dispositivos de proteção.

Capítulo 5

Caso em Estudo: Apresentação de Empresa e Local Trabalho, e Descrição Sistema Proteção Instalado

Naturalmente todas as empresas têm o máximo interesse em garantir o maior grau de segurança tanto de pessoas como dos seus bens. Seguindo essa lógica, este estudo incidiu sobre uma instalação explorada pela empresa LUSÁGUA-SERVIÇOS AMBIENTAIS, SA, que se localiza na região do grande Porto, tendo grande parte da sua missão direcionada para a recolha e tratamento de águas residuais.

Por razões de confidencialidade previamente estabelecidas entre a empresa detentora da exploração das instalações em estudo, o responsável pelo estudo e a Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, não será ao longo desta análise, referida a localização concreta da instalação.

Todavia e de forma a contextualizar este estudo com o meio em que a mesma se encontra inserida, a instalação está muito próxima do mar, numa zona com uma densidade populacional relevante (cerca de 100 000 HE) e toda a instalação está munida de tecnologia bastante recente. Toda a estrutura foi remodelada em 2008, passando desde então a ser reconhecida tanto pela sua organização, como pelos resultados obtidos.

5.1 - LUSÁGUA-SERVIÇOS AMBIENTAIS, SA

5.1.1 - Apresentação

A fundação do grupo AQUAPOR-SERVIÇOS, SA (AQUAPOR) é datada de Março de 1997, constituindo assim um instrumento empresarial bastante competitivo para o grupo ÁGUAS DE PORTUGAL SGPS, SA (AdP). A sua génese está vocacionada para a participação dos mercados nacional e internacional no abastecimento de água potável e saneamento de águas residuais, no sentido de dar resposta às crescentes necessidades de mercado.

Ao longo de mais de duas décadas, todas as atividades direcionadas para a operação e manutenção de estações de tratamento de águas residuais (ETAR), assistência técnica, auditoria especializada, controlo analítico, entre outras, estavam ao cargo de LUSÁGUA - GESTÃO DE ÁGUAS SA.

Em Julho de 2006 foi constituída a LUSÁGUA-SERVIÇOS AMBIENTAIS, SA, que resulta do processo de reestruturação das participações detidas pelo grupo AQUAPOR-SERVIÇOS, SA. Desta forma, a primeira passou a gerir as atividades direcionadas para a prestação de serviços ambientais até então realizadas pela LUSÁGUA - GESTÃO DE ÁGUAS SA.

Com a implementação desta alteração, todos os contratos estabelecidos, assim como todos os meios logísticos e humanos envolvidos, passaram a ser detidos pela LUSÁGUA-SERVIÇOS AMBIENTAIS, SA, tendo sido consolidado o plano estratégico de especialização na área de prestação de serviços ambientais, beneficiando desta forma todos os intervenientes desde clientes e colaboradores passando pelos próprios parceiros e fornecedores.

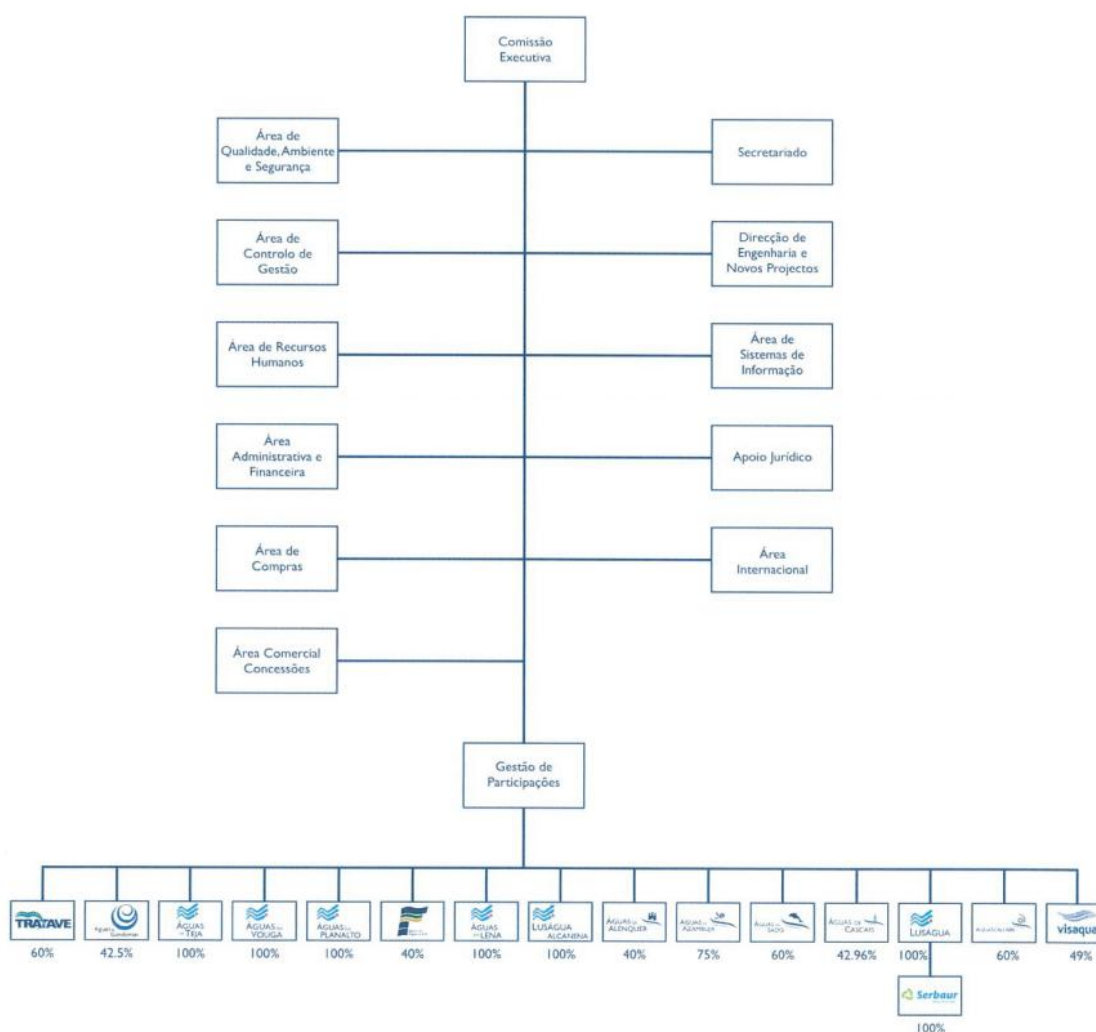


Figura 5.1 - Organização AQUAPOR-SERVIÇOS, SA [19]

Uma vez que a AQUAPOR-SERVIÇOS, SA e a LUSÁGUA-SERVIÇOS AMBIENTAIS, SA funcionam numa estrutura organizacional única partilhando as mesmas instalações, o sistema integrado da Qualidade, Ambiente, Segurança e Saúde, atribuída pela APCER, é aplicado a ambas, diferindo apenas nos processos existentes e na sua monitorização.

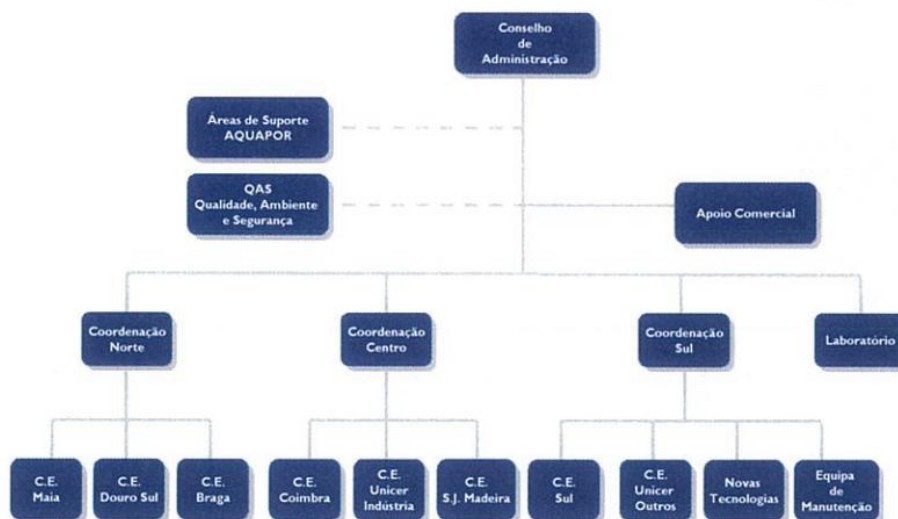


Figura 5.2 - Organização LUSÁGUA-SERVIÇOS AMBIENTAIS, SA [19]

Em 2008 foi adquirida a totalidade de participações do grupo AQUAPOR-SERVIÇOS, SA pela sociedade “Criar Vantagens - Águas e Resíduos, LDA”., que é composta pelas sociedades Alexandre Barbosa Borges SGPS, SA e INVESTHOME - Construções e Imobiliárias, SA de forma similar e equipartida, sendo que a ultima é detida exclusivamente pelo grupo DST-SGPS, SA. [19]

5.1.2 - Missão

A principal missão da LUSÁGUA-SERVIÇOS AMBIENTAIS, SA é assegurar os serviços de distribuição de água e de recolha e tratamento de águas residuais, garantindo uma eficiente gestão da relação com o cliente, procurando a otimização da rentabilidade das empresas participadas.

As diretrizes adotadas pelo grupo LUSÁGUA-SERVIÇOS AMBIENTAIS, SA destina-se a assistência técnica, consultoria e projetos, controlo laboratorial, formação, entre outros. Desta forma, todas as atividades que estão diretamente relacionadas com estas ações, como é o caso dos sistemas de recolha, tratamento e rejeição de efluentes, assim como sistemas de recolha e tratamento de resíduos sólidos estão devidamente salvaguardadas e são áreas de ação e exploração deste grupo. [19]

5.1.3 - Política Qualidade

Ciente da relevância do setor onde opera, assim como da importância que esta tem para a qualidade de vida da população, a LUSÁGUA-SERVIÇOS AMBIENTAIS, SA tem adotado os mais variados princípios no sentido de regulamentar a gestão da qualidade, ambiente, segurança e saúde numa gestão global, facilitando assim o desenvolvimento sustentável ao nível económico e financeiro, assim como ao nível técnico, ambiental e social.

Seguindo a mesma linha de execução, a referida empresa assume o cumprimento rigoroso de toda a legislação aplicável à sua atividade, assim como no que aos requisitos normativos e contratuais diz respeito.

Para este efeito, é aplicada uma estratégia contínua de desenvolvimento sustentado e de melhorias contínuas que permite o constante compromisso em todas as atuações diárias de todos os que constituem as organizações deste grupo empresarial e que estão assentes em três pilares fundamentais:

1. Clientes - No centro das nossas atenções;
2. Melhor ambiente, melhor qualidade de vida, melhor qualidade de serviço;
3. Recursos Humanos - Valorização, qualificação e competência.

Por tudo isto a LUSÁGUA-SERVIÇOS AMBIENTAIS, SA, assume-se como uma organização ímpar tanto ao nível social e ambiental, como no seu desempenho económico e financeiro, passando pela competitividade e qualidade de serviços prestados, traduzindo todos estes aspetos no constante aumento da qualidade de vida dos clientes/consumidores. [19]

5.2 - Local de Estudo

A instalação objeto de estudo corresponde, tal como foi referido anteriormente, a uma estação de tratamento de águas residuais (ETAR), a qual foi projetada para tratar o afluente urbano (doméstico e industrial) produzido numa vasta área do grande Porto. Tem como objetivo a descarga dos efluentes no mar através de um exutor submarino, de modo a salvaguardar a qualidade do meio recetor, nomeadamente a qualidade de água nas praias para fins balneares de acordo com o DL nº 236/98, de 1 de Agosto, e tem em conta o estabelecido no DL nº 152/97, de 19 de Junho.

Atualmente, a LUSÁGUA-SERVIÇOS AMBIENTAIS, SA é a empresa responsável pela exploração, manutenção e conservação desta instalação que foi dimensionada para servir 100000 HE, sendo capaz de tratar um caudal de 18300 m³/d.

As águas residuais afluentes à ETAR são tratadas biologicamente pelo processo de lamas ativadas de média carga. O processo de tratamento do afluente é dividido em duas fases: Fase líquida e Fase sólida.

O tratamento da fase líquida compreende as seguintes etapas [20]:

- Tratamento preliminar (gradagem, desarenamento e desengorduramento);
- Tratamento primário (decantação primária);
- Tratamento biológico (lamas ativadas);
- Tratamento secundário (decantação secundária).

O tratamento da fase sólida (lamas) consiste nos seguintes processos [20]:

- Espessamento (gravítico e mecânico);
- Digestão anaeróbia mesófila;
- Desidratação mecânica (por centrifugação).

O biogás produzido na digestão anaeróbia das lamas é, após purificação e armazenamento, utilizado para agitação dos digestores anaeróbios e como fluído de queima nas caldeiras (para aquecimento de lamas otimizando o processo de digestão anaeróbio) e/ou como fonte de produção de energia através do processo de cogeração.

Encontra-se, também, instalado um sistema de captação e tratamento de ar contaminado através de um sistema de desodorização por biofiltro.

As lamas resultantes do processo de tratamento, após digestão e desidratação são encaminhadas para valorização agrícola. O efluente tratado, por sua vez, pode ser reutilizado para água de serviço.

5.2.1 - Instalação elétrica da ETAR

A alimentação de 15kV em MT é realizada através de um ramal subterrâneo com cerca de 400m, até uma caixa de MT existente já dentro da própria instalação, sendo em seguida encaminhada para o PT. Depois, e já em BT, é efetuada a distribuição da alimentação pelos quadros, tal como está representado no Anexo V.

No PT existe um transformador de 1250kVA, do tipo hermético protegido por sondas PTC com relé de temperatura associado. Os encravamentos mecânicos são realizados através de chave, o que permitem ações de manobra na aparelhagem de corte e proteção de MT, estando localizados na cela DC e cela transformador.

Ainda no PT existe um conjunto de baterias que permitem ações de recarregamento e têm a função de gerar uma tensão auxiliar de 48 Vcc, independente da rede. Por se tratar de uma tensão independente da rede, permite assegurar com uma fiabilidade acrescida uma tensão auxiliar que irá alimentar especialmente os componentes auxiliares do quadro MT:

- Órgãos proteção da PT (relés de máxima intensidade) e proteção interna dos transformadores;
- Relés auxiliares e sinalizações locais;
- Relés de proteção e interligação.

Tal com é possível verificar na Tabela 5.1, a ETAR é composta por 9 edifícios, estando cada um deles caracterizado pelo modelos e tipo de quadro instalado e ainda pela sua designação no diagrama representado no Anexo V.

Tabela 5.1 - Listagem e identificação dos Quadros Elétricos

Quadros	Localização	Descrição	Modelo
QGBT	Ed Posto Transformação	Quadro Geral Baixa Tensão	Tipo Compartimentado, Forma 1 da <i>Rittal</i> modelo TS8
QE01	Ed Exploração	Quadro Elétrico Ed Exploração R/c	Tipo Aberto, Forma 1 da <i>ABB</i> modelo Artu K
QE02	Ed Exploração	Quadro Elétrico Ed Exploração Piso 1	Tipo Aberto, Forma 1 da <i>ABB</i> modelo Artu K
QE03	Ed Elevação Inicial	Quadro Força Motriz	Tipo Compartimentado, Forma 1 da <i>Rittal</i> modelo TS8
QE04	Ed Espessamento e Desidratação de lamas	Quadro Força Motriz	Tipo Compartimentado, Forma 1 da <i>Rittal</i> modelo TS8
QE05	Ed Aquecimento Lamas e Cogeração	Quadro Força Motriz	Tipo Compartimentado, Forma 1 da <i>Rittal</i> modelo TS8
QE07	Ed Elevatória Final	Quadro Força Motriz	Tipo Compartimentado, Forma 1 da <i>Rittal</i> modelo TS8
QE08	Ed Oficina	Quadro Elétrico Ed Oficina	Tipo Aberto, Forma 1 da <i>ABB</i> modelo Artu K
QE09	Ed Elevação Inicial	Quadro Iluminação e Tomadas	Tipo Aberto, Forma 1 da <i>ABB</i> modelo Artu K
QE10	Ed Espessamento e Desidratação de lamas	Quadro Iluminação e Tomadas	Tipo Aberto, Forma 1 da <i>ABB</i> modelo Artu K
QE11	Ed Aquecimento Lamas e Cogeração	Quadro Iluminação e Tomadas	Tipo Aberto, Forma 1 da <i>ABB</i> modelo Artu K
QE12	Ed Elevatória Final	Quadro Iluminação e Tomadas	Tipo Aberto, Forma 1 da <i>ABB</i> modelo Artu K
QG EMERG	Ed Grupo Emergência	Quadro Geral do Grupo Emergência	Tipo Compartimentado, Forma 1 da <i>Rittal</i> modelo TS8
QBAT COND	Ed Posto Transformação	Quadro Baterias Condensador	Tipo Compartimentado, Forma 1 da <i>Rittal</i> modelo TS8
QE UPS	Ed Exploração	Quadro Elétrico Ed Exploração R/c - UPS	-

Todos os QE de força motriz têm uma tensão auxiliar de comando de 24VDC, que é criada dentro do próprio quadro. O QGBT tem ainda na sua composição, um analisador de energia de marca *Carlo Gavazzi* modelo WM14 96.

As principais instalações elétricas existentes no local são as seguintes:

- Posto Transformação - PT;
- Quadros BT (Força Motriz, Iluminação, Automação);

- Distribuição Energia e Alimentadores;
- Iluminação Normal/Emergência e Tomadas;
- Detecção Incêndios;
- Detecção Intrusão e CCTV (Circuito TV fechado).

E ainda,

- Grupo Cogeração e Grupo Emergência;
- Telefones;
- UPS.

Relativamente a estas últimas quatro instalações referidas, é importante salientar que:

Cogeração	Funciona somente em simultâneo com a alimentação de energia permanente na instalação: • PT ETAR alimentado em MT pelo distribuidor com um transformador Dyn11 15000/400-231V de 1250kVA; • 2 Grupos de cogeração com potência instalada de 400kW, produz em BT destinada apenas para alimentar os consumidores da própria instalação. NÃO É VENDIDA; • Funciona em paralelo com a rede - em caso de ausência de energia rede, sai de serviço.
Grupo Gerador Emergência	• 1 Grupo de 350 kVA que assegura a alimentação de cargas prioritárias em caso de falha de alimentação; • Alimenta exclusivamente o quadro QGBT; • Para uma boa manutenção deve ter um arranque a cada 15 dias.
UPS	• Uma única UPS instalada na sala de apoio, no R/c do Ed Exploração; • Esta UPS substitui todas as que se encontravam instaladas e que sistematicamente davam problemas técnicos no local; • Tem um QE próprio (QE UPS) que deriva do QE01.
Telefones	• Central instalada dentro de armário de bastidor ao nível de R/c; • 1 Central Telefónica - <i>OmniPCX Office 50 Alcatel</i>; • Rede de dados ADSL.

5.2.2 - Caracterização do SPDA instalado

Tal como foi descrito no início deste capítulo, esta ETAR foi reestruturada durante o ano de 2008, tendo com esse processo, dotado a instalação de um sistema de proteção contra descargas atmosféricas - SPDA.

Ao longo desta análise será apresentada uma listagem dos equipamentos e materiais que estão associados ao sistema implementado, incluindo a referência que cada um possui para o

fabricante dos mesmos. No anexo VII podem ser analisadas todas as características disponibilizadas pelos fabricantes através do catálogo de comercialização. Será ainda referida a forma como as ligações se encontram realizadas e apresentados exemplos que ilustram essas mesmas ligações.

Relativamente aos pára-raios existentes no local, atualmente são dois e estão ambos implementados em locais diferentes e de formas diferenciadas.

O primeiro está instalado sobre um silo de descarga de resíduos sólidos (lamas), localizado entre o edifício de Exploração e o edifício de Espessamento e Desidratação de lamas, enquanto o outro se encontra instalado junto aos decantadores, após o gasómetro e assente num mastro com 6 metros de altura.

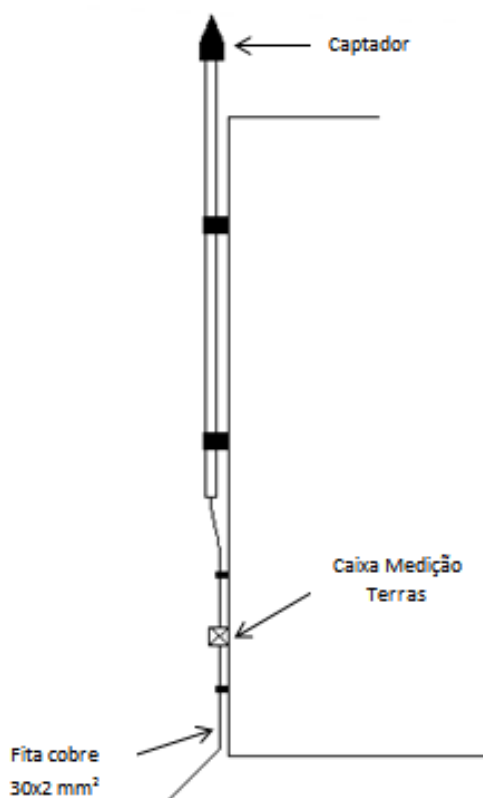


Figura 5.3 - Perfil de montagem de SPDA

Tabela 5.2 - Captador aplicado [15]

Captador	Opção	Altura (m)	Localização
IONIFLASH Refª 001A	A	2,15	Silo
	B	5	Cima de mastro de 6m (depois do gasómetro)

Tal como foi referido anteriormente, o facto de um dos captadores estar montado por cima de um mastro com 6 metros de altura, possibilitou a não colocação de apoios para os condutores de descida, estando estes aplicados por dentro desse mastro.

Todavia na outra situação, são necessários apoios para a instalação dos condutores de descida, isto porque os mesmos devem ser aplicados no exterior das estruturas e através de um condutor sem isolamento.

A forma como estes se apresentam na instalação realizada nesta ETAR pode ser verificada através da Figura 5.4.

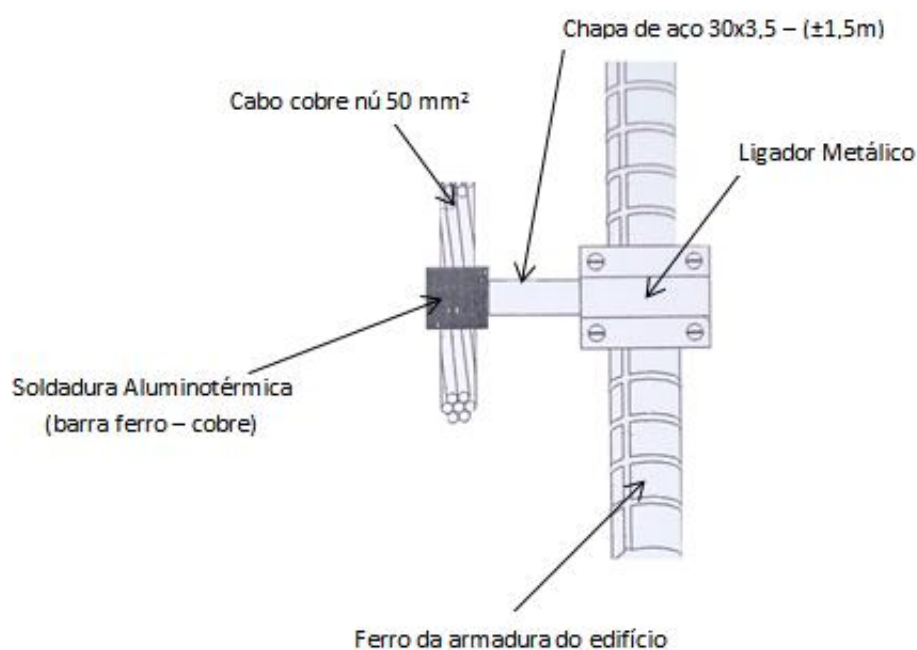


Figura 5.4 - Representação da ligação do SPDA à estrutura a proteger

Tabela 5.3 - Condutores de descida - Componentes aplicados

Componentes	Referência	Fabricante
Fixação Mural	1004A	IONIFLASH
	1004B	
Clips Conductor Redondo	2005A	
<i>FixoBand</i>	2007A	
	2007B	
	2007C	
Ligador Amovível	2022A	
Protetor de Baixada	2023A	
Caixa Medição Terras	-	-

Os elétrodos terra estão aplicados segundo o modelo radial (pata de ave) e cada elétrodo utilizado tem 2 metros de comprimento.

No Anexo VI é apresentado o traçado escolhido, na altura da implementação do sistema de proteção, pelos executantes. É perfeitamente notório que toda a instalação é abrangida pelo sistema de proteção, algo que permite elevar a fiabilidade do sistema de proteção montado para patamares devidamente aconselhados.

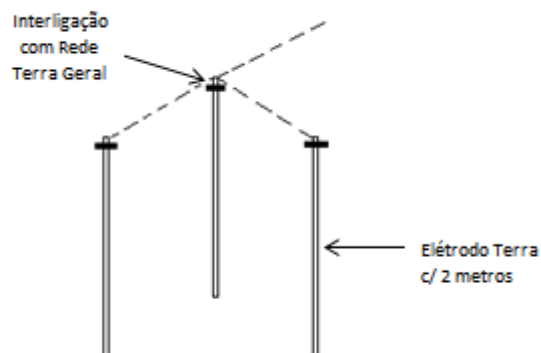


Figura 5.5 - Representação da ligação “radial” existente

Tabela 5.4 - Eléctrodo terra - Componentes aplicados [15]

Componentes	Referência	Fabricante	Comentários
Eléctrodo Terra	4001D	Ioniflash	2,1m x 14,2mm
Ligadores de Condutor a Eléctrodo	4004B		
Ligador Pata Galo	4008		
Fita de Cobre	-	-	30x2 mm
Cabo	TC4140099P	General Cable CelCat	50mm ²
Eléctrodo Terra Aço-Cobre	J2.058	KLK	c/ 2m

A ligação equipotencial está implementada segundo a representação da Figura 5.6 e com os equipamentos definidos na Tabela 5.5. O local onde os mesmos se situam pode ser analisado, tal como o restante traçado, no Anexo VI.

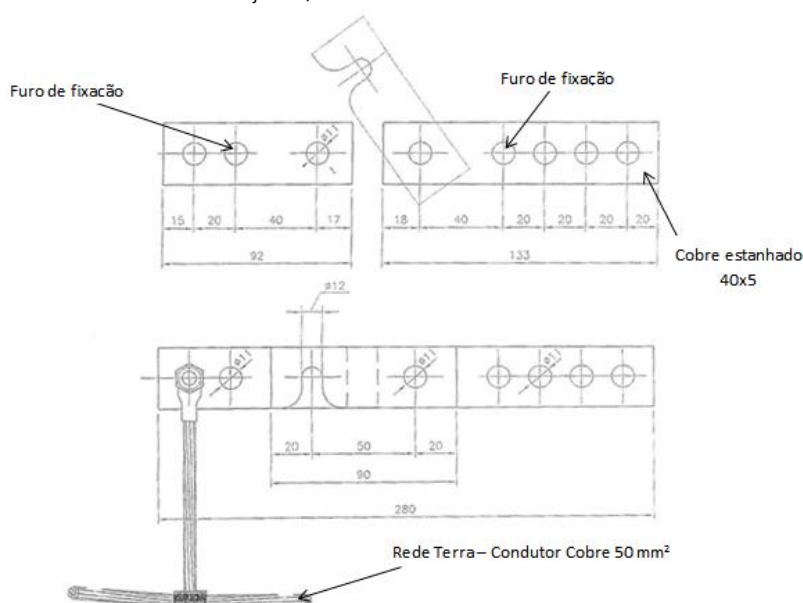


Figura 5.6 - Ilustração de ligação equipotencial

Tabela 5.6 - Listagem de DST instalados [31]

Quadros	Localização	Descrição	Modelo
QGBT	Ed Posto Transformação	Quadro Geral Baixa Tensão	ABB OVR HL 15-440 C
QE01	Ed Exploração	Quadro Elétrico Ed Exploração R/c	ABB OVR HL 15-275 C + ABB 70 N C
QE02	Ed Exploração	Quadro Elétrico Ed Exploração Piso 1	N/A
QE03	Ed Elevação Inicial	Quadro Força Motriz	ABB OVR HL 15-275 C + ABB 70 N C
QE04	Ed Espessamento e Desidratação de lamas	Quadro Força Motriz	ABB OVR HL 15-275 C + ABB 70 N C
QE05	Ed Aquecimento Lamas e Cogeração	Quadro Força Motriz	ABB OVR HL 15-275 C + ABB 70 N C
QE07	Ed Elevatória Final	Quadro Força Motriz	ABB OVR HL 15-275 C + ABB 70 N C
QE08	Ed Oficina	Quadro Elétrico Ed Oficina	ABB OVR HL 15-275 C + ABB 70 N C
QE09	Ed Elevação Inicial	Quadro Iluminação e Tomadas	N/A
QE10	Ed Espessamento e Desidratação de lamas	Quadro Iluminação e Tomadas	N/A
QE11	Ed Aquecimento Lamas e Cogeração	Quadro Iluminação e Tomadas	N/A
QE12	Ed Elevatória Final	Quadro Iluminação e Tomadas	N/A
QG EMERG	Ed Grupo Emergência	Quadro Geral do Grupo Emergência	N/A
QBAT COND	Ed Posto Transformação	Quadro Baterias Condensador	N/A
QE UPS	Ed Exploração	Quadro Elétrico Ed Exploração R/c - UPS	N/A
Q ADSL	Ed Exploração	Central ADSL Ed Exploração R/c	N/A

As características dos equipamentos referidos na Tabela 5.6 podem ser consultadas no anexo VIII. De notar que, especialmente o edifício de exploração possui uma serie de extensões de ligação elétrica, todavia não é possível avaliar se as mesmas dispõem de capacidade de proteção contra o efeito de sobretensões visto que as mesmas se encontram ilegíveis.

Pela análise visual realizada junto destes equipamentos, é possível afirmar que todos eles se encontram em plenas condições de funcionamento, isto porque apresentam na sua estrutura uma zona onde esta análise pode ser elaborada sem qualquer dificuldade.



Figura 5.8 - Verificação do estado de funcionamento do DST do fabricante ABB [31]

Com a aplicação destes equipamentos, seguindo a informação descrita do documento IEC 62305 e a caracterização facultada pelos fornecedores dos mesmos, rapidamente é possível verificar as zonas definidas pelo projetista aquando da sua implementação.

Tabela 5.7 - Identificação das zonas (LPZ) implementadas na ETAR [31]

Quadros	Localização	Descrição	Modelo	Zona (LPZ)
QGBT	Ed Posto Transformação	Quadro Geral Baixa Tensão	ABB OVR HL 15-440 C	1
QE01	Ed Exploração	Quadro Elétrico Ed Exploração R/c	ABB OVR HL 15-275 C + ABB 70 N C	2
QE03	Ed Elevação Inicial	Quadro Força Motriz	ABB OVR HL 15-275 C + ABB 70 N C	2
QE04	Ed Espessamento e Desidratação de lamas	Quadro Força Motriz	ABB OVR HL 15-275 C + ABB 70 N C	2
QE05	Ed Aquecimento Lamas e Cogeração	Quadro Força Motriz	ABB OVR HL 15-275 C + ABB 70 N C	2
QE07	Ed Elevatória Final	Quadro Força Motriz	ABB OVR HL 15-275 C + ABB 70 N C	2
QE08	Ed Oficina	Quadro Elétrico Ed Oficina	ABB OVR HL 15-275 C + ABB 70 N C	2

Todos os pontos onde estão instalados DST possuem simultaneamente a aplicação dos fusíveis apresentados na tabela 5.8. Tal como já foi referido anteriormente, é essencial a sua colocação e o seu correto dimensionamento uma vez que no caso do DST atuar corretamente, pode entrar em curto-circuito e desta forma os equipamentos montados a jusante deste ponto não sofrem qualquer dano.

Tabela 5.8 - Listagem de Fusíveis associados aos DST [31]

Quadros	Localização	Descrição	Modelo	Fusíveis
QGBT	Ed Posto Transformação	Quadro Geral Baixa Tensão	ABB OVR HL 15-440 C	E933N - IN=50A
QE01	Ed Exploração	Quadro Elétrico Ed Exploração R/c	ABB OVR HL 15-275 C + ABB 70 N C	E933N - IN=50A
QE03	Ed Elevação Inicial	Quadro Força Motriz	ABB OVR HL 15-275 C + ABB 70 N C	E933N /32 - IN=32A
QE04	Ed Espessamento e Desidratação de lamas	Quadro Força Motriz	ABB OVR HL 15-275 C + ABB 70 N C	E933N /32 - IN=32A
QE05	Ed Aquecimento Lamas e Cogeração	Quadro Força Motriz	ABB OVR HL 15-275 C + ABB 70 N C	E933N /32 - IN=32A
QE07	Ed Elevatória Final	Quadro Força Motriz	ABB OVR HL 15-275 C + ABB 70 N C	E933N /32 - IN=32A
QE08	Ed Oficina	Quadro Elétrico Ed Oficina	ABB OVR HL 15-275 C + ABB 70 N C	E933N - IN=50A

5.2.4 - Análise do sistema de proteção existente

De forma a realizar uma rigorosa avaliação crítica de toda a estrutura, é necessário iniciar esta execução evidenciando alguns aspetos que serão relevantes especialmente para a análise de risco necessária executar nestas situações. Assim, a instalação tem atualmente as seguintes dimensões:

Tabela 5.9 - Dimensão ETAR

Dimensões (m)	Largura	120
	Comprimento	280
	Altura	20

Foram adotadas para este estudo cinco zonas distintas caracterizadas consoante as informações registadas na Tabela 5.10. O número de pessoas que frequenta cada uma das zonas é reduzido isto porque as equipas de trabalho são pequenas e não é necessário estarem constantemente no mesmo sítio. Assim a definição do número de pessoas que frequenta simultaneamente cada uma destas zonas torna-se praticamente impossível.

Por isso mesmo, e de forma a tornar esta análise viável, foram atribuídos valores representativos para cada uma das zonas em análise estando contudo o seu valor majorado na maior parte das situações.

Tabela 5.10 - Distribuição de pessoas pelas zonas (LPZ) definidas

Zonas		Nº Pessoas	Descrição
Z1	Entrada	5	Parque de estacionamento e entrada de edifício (onde se encontra o PT)
Z2	Exterior	5	Espaço exterior do edifício após entrada do mesmo
Z3	Edifício de Exploração	10	Gabinets e sala de controlo
Z4	Oficina / Armazém	5	Local de armazenagem e de operações de pequenas reparações
Z5	Edifício B	5	Local constituído por diversos mecanismos (elétricos e mecânicos), assim como instalações auxiliares necessárias para o correto funcionamento de toda a ETAR
Z6	Edifício C	5	Local associado a processos de diversas fases de processo da ETAR

Como não existe qualquer informação fidedigna e consistente acerca das zonas e níveis de proteção idealizados pelo projetista aquando da implementação do sistema SPDA, foram realizados testes admitindo a possibilidade de existência de todos os cenários definidos pela norma, ou seja níveis I, II, III e IV.

Nas tabelas 5.11, 5.12, 5.13 e 5.14 são apresentados os valores determinados da análise de risco tendo em consideração os diferentes cenários.

Tabela 5.11 - Valores análise de risco no caso de SPDA nível I

Determinação Risco R								
Parâmetros	Símbolo	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5	Z6	Total
D1: Lesões	RA	0,000E+00	1,292E-11	2,584E-10	1,292E-10	1,292E-10	1,292E-10	6,590E-10
	RU	-	-	6,933E-14	3,467E-13	3,467E-13	3,467E-14	7,973E-13
D2: Danos Físicos	RB	0,000E+00	6,461E-08	2,584E-08	1,292E-07	1,292E-08	1,292E-08	2,455E-07
	RV	0,000E+00	1,733E-11	6,933E-12	3,467E-11	3,467E-12	3,467E-12	6,587E-11
D3: Falha Sistemas Internos	RC	0,000E+00	0,000E+00	0,000E+00	0,000E+00	0,000E+00	0,000E+00	0,000E+00
	RM	0,000E+00	0,000E+00	0,000E+00	0,000E+00	0,000E+00	0,000E+00	0,000E+00
	RW	0,000E+00	0,000E+00	0,000E+00	0,000E+00	0,000E+00	0,000E+00	0,000E+00
	RZ	-	-	-	-	-	-	0,000E+00
Total		0,000E+00	6,464E-08	2,611E-08	1,294E-07	1,305E-08	1,305E-08	2,462E-07

Tabela 5.12 - Valores análise de risco no caso de SPDA nível II

Determinação Risco R								
Parâmetros	Símbolo	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5	Z6	Total
D1: Lesões	RA	0,000E+00	3,230E-11	6,461E-10	3,230E-10	3,230E-10	3,230E-10	1,647E-09
	RU	-	-	6,933E-14	3,467E-13	3,467E-13	3,467E-14	7,973E-13
D2: Danos Físicos	RB	0,000E+00	1,615E-07	6,461E-08	3,230E-07	3,230E-08	3,230E-08	6,138E-07
	RV	0,000E+00	1,733E-11	6,933E-12	3,467E-11	3,467E-12	3,467E-12	6,587E-11
D3: Falha Sistemas Internos	RC	0,000E+00	0,000E+00	0,000E+00	0,000E+00	0,000E+00	0,000E+00	0,000E+00
	RM	0,000E+00	0,000E+00	0,000E+00	0,000E+00	0,000E+00	0,000E+00	0,000E+00
	RW	0,000E+00	0,000E+00	0,000E+00	0,000E+00	0,000E+00	0,000E+00	0,000E+00
	RZ	-	-	-	-	-	-	0,000E+00
Total		0,000E+00	1,616E-07	6,526E-08	3,234E-07	3,263E-08	3,263E-08	6,155E-07

Tabela 5.13 - Valores análise de risco no caso de SPDA nível III

Determinação Risco R								
Parâmetros	Símbolo	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5	Z6	Total
D1: Lesões	RA	0,000E+00	6,461E-11	1,292E-09	6,461E-10	6,461E-10	6,461E-10	3,295E-09
	RU	-	-	6,933E-14	3,467E-13	3,467E-13	3,467E-14	7,973E-13
D2: Danos Físicos	RB	0,000E+00	3,230E-07	1,292E-07	6,461E-07	6,461E-08	6,461E-08	1,228E-06
	RV	0,000E+00	1,733E-11	6,933E-12	3,467E-11	3,467E-12	3,467E-12	6,587E-11
D3: Falha Sistemas Internos	RC	0,000E+00	0,000E+00	0,000E+00	0,000E+00	0,000E+00	0,000E+00	0,000E+00
	RM	0,000E+00	0,000E+00	0,000E+00	0,000E+00	0,000E+00	0,000E+00	0,000E+00
	RW	0,000E+00	0,000E+00	0,000E+00	0,000E+00	0,000E+00	0,000E+00	0,000E+00
	RZ	-	-	-	-	-	-	0,000E+00
Total		0,000E+00	3,231E-07	1,305E-07	6,467E-07	6,526E-08	6,526E-08	1,231E-06

Tabela 5.14 - Valores análise de risco no caso de SPDA nível IV

Determinação Risco R								
Parâmetros	Símbolo	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5	Z6	Total
D1: Lesões	RA	0,000E+00	1,292E-10	2,584E-09	1,292E-09	1,292E-09	1,292E-09	6,590E-09
	RU	-	-	6,933E-14	3,467E-13	3,467E-13	3,467E-14	7,973E-13
D2: Danos Físicos	RB	0,000E+00	6,461E-07	2,584E-07	1,292E-06	1,292E-07	1,292E-07	2,455E-06
	RV	0,000E+00	1,733E-11	6,933E-12	3,467E-11	3,467E-12	3,467E-12	6,587E-11
D3: Falha Sistemas Internos	RC	0,000E+00	0,000E+00	0,000E+00	0,000E+00	0,000E+00	0,000E+00	0,000E+00
	RM	0,000E+00	0,000E+00	0,000E+00	0,000E+00	0,000E+00	0,000E+00	0,000E+00
	RW	0,000E+00	0,000E+00	0,000E+00	0,000E+00	0,000E+00	0,000E+00	0,000E+00
	RZ	-	-	-	-	-	-	0,000E+00
Total		0,000E+00	6,462E-07	2,610E-07	1,293E-06	1,305E-07	1,305E-07	2,462E-06

Os resultados alcançados em cada uma das situações analisadas permitem afirmar que nenhuma medida adicional de proteção deve ser tomada, isto porque o risco total determinado em cada uma das situações é inferior ao risco tolerável (10^{-5}) definido normativamente. Assim sendo a instalação objeto de estudo apresenta-se, segundo a norma IEC 62305 (2010), com um elevado nível de segurança dispensando por isso toda e qualquer medida adicional.

Como não é necessário dotar a instalação com mais medidas de segurança, nenhuma análise no sentido de avaliar o binómio benefício-custo foi realizada.

Todavia é conveniente esclarecer que o sistema captador instalado na ETAR é do tipo “ionizante”, sendo um tipo não validado pelo regulamento internacional e pelo qual este estudo se rege. Por isso mesmo, em 2009, o Instituto Português de Qualidade, emitiu um documento designado “Emenda1 - NP4426” no qual são apresentadas diversas medidas no sentido de normalizar os princípios adotados por instalações munidas deste tipo de sistemas e os sistemas de proteção homologados pela norma IEC 62305.

Mencionando o próprio documento, “A presente Emenda contém uma série de medidas que têm como fim adaptar a Norma NP 4426:2003 à série de Normas Europeias EN 62305, no que se refere a requisitos em matérias de níveis de segurança. Com esta modificação, chamados requisitos da Norma NP 4426 resultarão equivalentes ou mais severos que os exigidos na série de normas Europeias EN 62305.” [10] Por tudo isto é oportuno que esta instalação seja reavaliada segundo essas medidas na tentativa de normalizar toda a proteção segundo as diretivas internacionais.

Tendo em vista esta situação é todavia necessário ter em atenção os efeitos corrosivos dos elementos externos constituintes deste SPDA. Isto porque os ligadores dos condutores de descida estão visivelmente afetados por este fenómeno. Assim será conveniente a substituição dos mesmos aquando das retificações acima mencionadas.



Figura 5.9 - Corrosão no fixador de condutor de descida

Relativamente ao sistema de proteção contra sobretensões, a forma como foi implementado o sistema na altura da requalificação ocorrida em 2008, permite garantir a segurança do edifício (pelo menos seguindo o raciocínio e os resultados alcançados com a análise de risco). Contudo seria conveniente efetuar algumas alterações tendo em vista a eficácia das proteções e o valor de alguns equipamentos instalados.

Começando esta análise pelo setor de alimentação, seria conveniente a adoção de medidas de proteção de nível III no QE UPS e nos QE 03, 04, 05 e 07. A justificação para todas estas implementações resume-se à necessidade de garantir que estes dispositivos possam permanecer em funcionamento durante o maior tempo possível, evitando defeitos e avarias dispendiosas associadas a estes.

No caso dos QE 03-07, é necessário ter em atenção que os mesmos têm autómatos ligados, ou seja, equipamentos com um elevado grau de sensibilidade e que facilmente são desprogramados (trazendo consequências das mais diversas ordens). Mesmo que não ocorra qualquer defeito, a colocação de um equipamento desta ordem e o qual possua um filtro, permite ao mesmo atenuar estas interferências causadas pela instabilidade da própria rede. No caso do QE UPS, para além da sensibilidade do equipamento, é necessário contar com a ligação deste equipamento a elementos externos, os quais aumentam consideravelmente a probabilidade de defeito (exemplo: CCTV e sistema alarmes). Assim a instalação deste dispositivo deve ocorrer especialmente na saída da UPS e não na entrada, isto porque a distância entre o QE 01 e o QE UPS é reduzida (cerca 10 metros) e o QE 01 possui dispositivo de proteção (nível II). Mesmo sendo um dispositivo de nível 2, a proximidade entre quadros elétricos iria tornar a proteção da UPS duplicada e a eficiência seria reduzida.

Assim, em ambas as situações o equipamento escolhido para implementar e assim garantir o grau de segurança superior seria os dispositivos DEHN SPS PRO. São equipamentos com uma capacidade muito elevada de fiabilidade nestas situações.

Tabela 5.15 - Listagem de DST's de energia propostos para zona (LPZ) 3 da instalação em análise

Quadros	Localização	Descrição	Modelo	Zona (LPZ)
QE03	Ed Elevação Inicial	Quadro Força Motriz	DEHN SPS PRO (912 253)	3
QE04	Ed Espessamento e Desidratação de lamas	Quadro Força Motriz	DEHN SPS PRO (912 253)	3
QE05	Ed Aquecimento Lamas e Cogeração	Quadro Força Motriz	DEHN SPS PRO (912 253)	3
QE07	Ed Elevatória Final	Quadro Força Motriz	DEHN SPS PRO (912 253)	3

Todavia, tal como foi referido anteriormente, os fabricantes destes equipamentos só garantem total eficiência e coordenação entre dispositivos se os mesmos estiverem de acordo com as definições que os próprios apresentam. Por isso mesmo seria necessário a substituição dos equipamentos atualmente instalados e referidos na Tabela 5.6.

Tabela 5.16 - Listagem de DST's de energia propostos para zona (LPZ) 1 e 2 da instalação em análise

Quadros	Localização	Descrição	Modelo	Zona (LPZ)
QGBT	Ed Posto Transformação	Quadro Geral Baixa Tensão	3x DEHNbloc M 1 255 (961 120) + 1x DB NH00 255H (900 273 + 1x shunt (900 611)	1
QE01	Ed Exploração	Quadro Elétrico Ed Exploração R/c	DEHN DG M TT 275 (952 310)	2
QE03	Ed Elevação Inicial	Quadro Força Motriz	DEHN DG M TT 275 (952 310)	2
QE04	Ed Espessamento e Desidratação de lamas	Quadro Força Motriz	DEHN DG M TT 275 (952 310)	2
QE05	Ed Aquecimento Lamas e Cogeração	Quadro Força Motriz	DEHN DG M TT 275 (952 310)	2
QE07	Ed Elevatória Final	Quadro Força Motriz	DEHN DG M TT 275 (952 310)	2
QE08	Ed Oficina	Quadro Elétrico Ed Oficina	DEHN DG M TT 275 (952 310)	2

A aplicação em triplicado do modelo DEHNbloc M 1 255 (961 120) acontece uma vez que a instalação ocorre num sistema trifásico.

Ainda relativamente à alteração sugerida, e uma vez que a proposta apresentada baseia-se na substituição da totalidade dos dispositivos, é conveniente a instalação dos fusíveis NH00

ou *NH01* e respetivas bases para o QGBT; fusíveis *T22x58* de 125 A para os quadros parciais maiores, e os fusíveis *T14x51* de 50 A para os quadros parciais mais reduzidos. De notar contudo que o QE08, devido à sua secção de cabo, deverá possuir um fusível deste último tipo, em detrimento do *T22x58*. Considerando-se um custo de investimento reduzido (aproximadamente 3€ o componente de valor mais avultado) [36], é absolutamente recomendável a sua instalação, seguindo as recomendações do fabricante e instalador.

Nos Quadro Iluminação e Tomadas não será necessário a aplicação de qualquer dispositivo de proteção, uma vez que ao longo da instalação, os equipamentos ligados a estes são normalmente pouco sensíveis e apenas ligado em situações pontuais. Nos terminais onde se encontram ligados os computadores (Edifício Exploração) será conveniente a aplicação de tomadas do tipo *DEHN SFL PRO*, exatamente por estes terem uma sensibilidade superior aos demais equipamentos e o conteúdo que eles contêm pode tornar irremediáveis as consequências de danos ocorridos nestes.

Tabela 5.17 - Listagem de DST's de energia propostos para aplicação direta nas tomadas

Localização	Descrição	Modelo
Ed Exploração	Gabinetes e Sala Controlo	DEHN SFL PRO (912 260)

No que se refere ao sistema de telecomunicações existente e uma vez que o mesmo historicamente nunca potenciou a ocorrência de defeitos, seria apenas conveniente a proteção da central de ADSL uma vez que a probabilidade de ocorrência de defeitos neste local é muito elevada, tendo em vista que se trata do local de ligação das linhas externas com o sistemas montado no interior da ETAR.

Tabela 5.18 - Listagem de DST's de sinal propostos

Quadros	Localização	Descrição	Modelo
Q ADSL	Ed Exploração	Quadro Auxiliar Ed Exploração R/c	DEHN BXT ML4 BD180 (920 347) + DEHN BXT BAS (920 300)

A aplicação destes dispositivos tem um caráter preventivo, uma vez que as ligações com o exterior são realizadas de forma subterrânea e não aérea, logo a probabilidade de que estes defeitos ocorram diminui de uma forma considerável.

Os valores envolvidos às operações sugeridas podem ser consultados no anexo X, assim como as características associadas a cada equipamento pode ser consultada no Anexo IX.

Capítulo 6

Conclusão

As descargas atmosféricas e consequentes efeitos associados, quer sejam diretos ou indiretos, são um dos principais fatores causadores de destruição e avarias em estruturas e equipamentos, violando inúmeras vezes as condições mínimas de segurança para as pessoas. Por todo o planeta são diversas as medidas pensadas na tentativa de aumentar a fiabilidade e eficiência destes sistemas.

A proteção efetuada para estes fenómenos carece, para além de equipamentos instalados ao longo da estrutura, de um vasto leque de procedimentos que devem ser seguidos no sentido de garantir um elevado grau de eficácia na proteção a toda a estrutura.

Atualmente esta ETAR possui um sistema de proteção contra descargas atmosféricas, o qual não era totalmente avaliado desde a sua implementação. Ao longo deste trabalho foram seguidas as diretrizes internacionais apresentadas na norma IEC 62305, as quais são seguidas nestas situações.

Com a avaliação do risco realizada a toda a instalação, foi concluído que não havia necessidade de implementar qualquer medida adicional, estando esta em cumprimento com todos os requisitos e regulamentos descritos.

Todavia, tendo em consideração a reconhecida utilidade pública e ambiental destas estruturas, bem como a qualidade de equipamentos utilizados para os procedimentos associados ao tratamento de resíduos ali realizada, foram apresentadas algumas alterações ao atual sistema de proteção com o objetivo de melhorar a sua fiabilidade.

Com a aplicação das medidas mencionadas neste documento, a probabilidade de ocorrência de defeitos, avarias e consequentemente paragem no funcionamento da instalação é reduzida, permitindo otimizar os recursos técnicos e de investimento, contribuindo para uma eficaz exploração da instalação.

6.1 - Perspetiva de Trabalho Futuro

Com a realização deste projeto foi notória que, a necessidade de adotar medidas com o intuito de proteger pessoas, estruturas e equipamentos contra os efeitos das descargas atmosféricas, é cada vez mais uma realidade numa sociedade inovadora e em constante evolução.

Por isso mesmo, e tendo em consideração um possível desafio futuro, seria conveniente executar as medidas propostas no ponto 5.2.4.

Desta forma seria oportuno avaliar todos os elementos e procedimentos associados ao sistema de proteção contra descargas atmosféricas, segundo a “Emenda 1 - NP 4426” de 2009, assim como proceder à alteração de todos os equipamentos descarregadores de sobretensão tal como o referido na tabela 6.1.

Tabela 6.1 - Resumo das alterações propostas no SPST na ETAR

Quadros	Localização	Modelo Instalado	Alteração Proposta	
QGBT	Ed Posto Transformação	ABB OVR HL 15-440 C	3x DEHNbloc M 1 255 (961 120) + 1x DB NH00 255H (900 273 + 1x shunt (900 611)	
QE01	Ed Exploração	ABB OVR HL 15-275 C + ABB 70 N C	DG M TT 275 (952 310)	
QE02	Ed Exploração	N/A	-	
QE03	Ed Elevação Inicial	ABB OVR HL 15-275 C + ABB 70 N C	DG M TT 275 (952 310)	DEHN SPS PRO (912 253)
QE04	Ed Espessamento e Desidratação de lamas	ABB OVR HL 15-275 C + ABB 70 N C	DG M TT 275 (952 310)	DEHN SPS PRO (912 253)
QE05	Ed Aquecimento Lamas e Cogeração	ABB OVR HL 15-275 C + ABB 70 N C	DG M TT 275 (952 310)	DEHN SPS PRO (912 253)
QE07	Ed Elevatória Final	ABB OVR HL 15-275 C + ABB 70 N C	DG M TT 275 (952 310)	DEHN SPS PRO (912 253)
QE08	Ed Oficina	ABB OVR HL 15-275 C + ABB 70 N C	DG M TT 275 (952 310)	
QE09	Ed Elevação Inicial	N/A	-	
QE10	Ed Espessamento e Desidratação de lamas	N/A	-	
QE11	Ed Aquecimento Lamas e Cogeração	N/A	-	
QE12	Ed Elevatória Final	N/A	-	
QG EMERG	Ed Grupo Emergência	N/A	-	
Q BAT COND	Ed Posto Transformação	N/A	-	
QE UPS	Ed Exploração	N/A	DEHN SPS PRO (912 253)	
C. ADSL	Ed Exploração	N/A	BXT ML4 BD180 (920 347) + BXT BAS (920 300)	
-	Ed Exploração -	N/A	SFL PRO (912 260)	

Referências

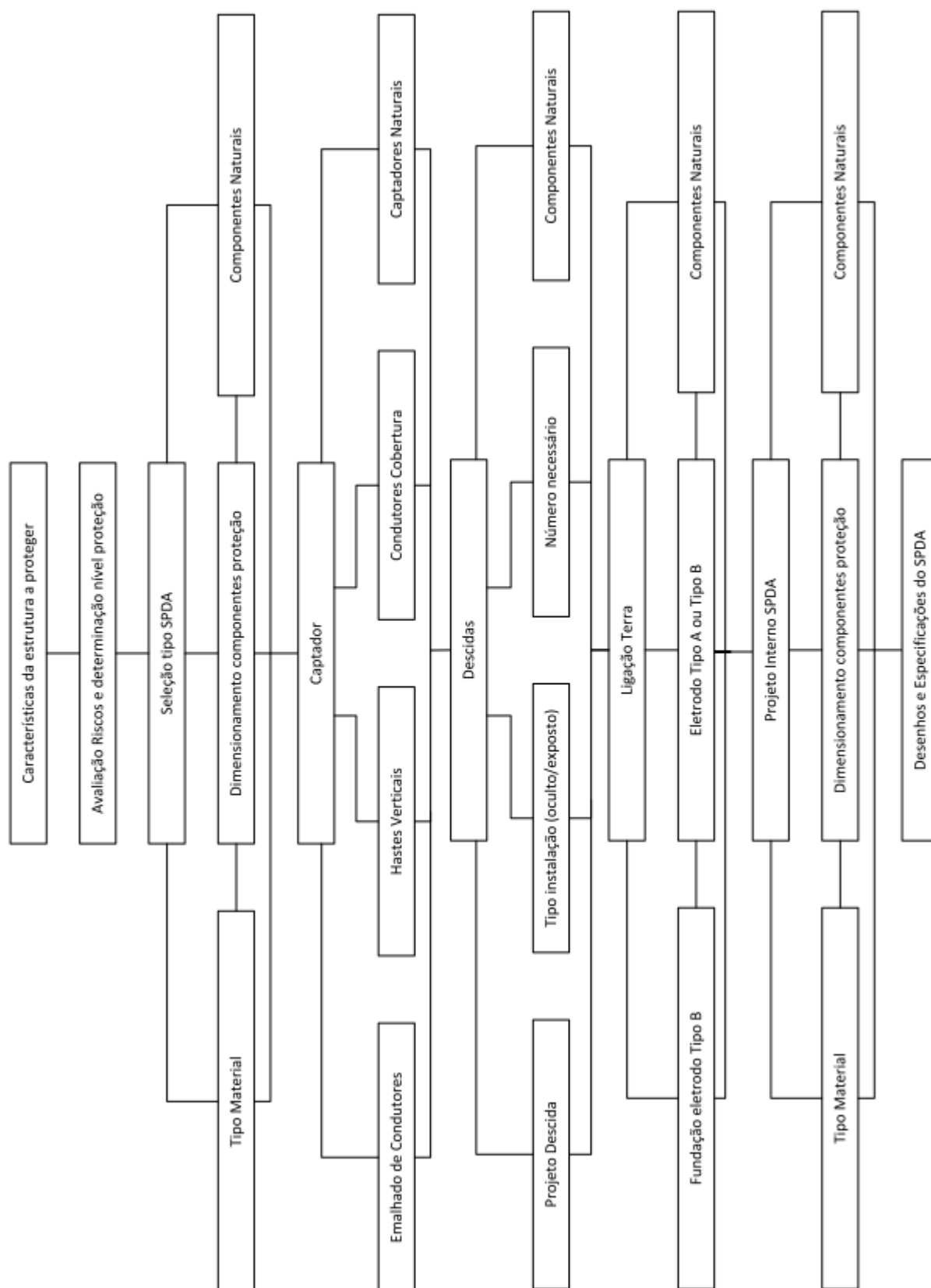
- [1] Working Group 33.01 - CIGRÉ, “Guide to Procedures for Estimating the Lightning Performance of Transmission Lines”, Outubro de 1991.
- [2] Uman, A. Martin, “The Lightning discharge”, ISBN Academic Press, Orlando Florida.
- [3] C. Gary, “La Foudre- des mythologies antiques à la recherche modern”, Junho de 1994
- [4] Eng. José Marques, “Protecção contra Descargas Atmosféricas e Sobretensões”, 09 de Novembro de 2011.
- [5] Apontamentos teóricos Unidade Curricular “Técnicas de Alta Tensão”, do curso Engenharia Eletrotécnica e de Computadores, da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, 2012
- [6] Peter Hasse, “Overvoltage Protection of Low Voltage Systems - Second edition”, Novembro de 2000
- [7] Dehn group, “Lightning Protection Supplement Catalogue 2010”, Janeiro de 2010
- [8] Direcção Geral de Geologia e Energia, “Guia Técnico para a Instalação de Pára-Raios em Edifícios e Estruturas”, Agosto de 2005
- [9] Instituto Português da Qualidade, “NP-4426: Protecção de estruturas e de zonas abertas mediante para-raios com dispositivos ionizantes não radioactivo”, Dezembro de 2003
- [10] Instituto Português da Qualidade, “1ª Emenda NP-4426: Protecção de estruturas e de zonas abertas mediante para-raios com dispositivos ionizantes não radioactivo”, Julho de 2009
- [11] International Electrotechnical Commission (IEC), “International Standard IEC 62305-1: Protection against lightning - Part 1: General principles”, Dezembro de 2010
- [12] International Electrotechnical Commission (IEC), “International Standard IEC 62305-2: Protection against lightning - Part 2: Risk management”, Dezembro de 2010
- [13] International Electrotechnical Commission (IEC), “International Standard IEC 62305-3: Protection against lightning - Part 3: Physical damage to structures and life hazard”, Dezembro de 2010

- [14] International Electrotechnical Commission (IEC), “International Standard IEC 62305-4: Protection against lightning - Part 4: Electrical and electronic systems within structures”, Dezembro de 2010
- [15] QEnergia, “Catálogo ioniflash: Sistemas de protecção contra descargas atmosféricas - sistemas terras”, Fevereiro de 2010
- [16] OBO Bettermann, Catálogo 2011, Disponível em http://www.obo-bettermann.com/downloads/pt/kataloge/katalog_tbs_pt.pdf, a 02 de Junho de 2012
- [17] Carlos Jorge Coelho Teixeira, “Estudo e análise de sobretensões de origem atmosférica em linhas aéreas de transmissão de energia eléctrica”, Disponível em <http://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/12088/2/Texto%20integral.pdf>, acesso em 15 de Março de 2012
- [18] Aplicaciones Tecnologicas, SA, “Sistemas de Protecção Externa”. Disponível em http://www.at3w.com/site/upload/ficheros/at3w_catalogo_portugues.zip, acesso em 15 de Março de 2012
- [19] Aquapor Serviços SA, “Manual de Acolhimento”, Edição 9, Outubro de 2011
- [20] SimRia, “Manual de instrução de Funcionamento da ETAR de Espinho”, 2007
- [21] Dehn+Söhne, “Lightning Protection guide - 2nd updated edition”, Setembro de 2007
- [22] QEnergia, “Protecção contra Descargas Atmosféricas”. Disponível em <http://www.gennergia.pt/349/%20ess%C3%A3o%20r-contra-descargas-atmosfericas.htm>, a 22 de Maio de 2012
- [23] IQP, “Manual de Normalização 2009”, Disponível em http://www.ipq.pt/backFiles/ProjectoJuventude/Manual_Normalizacao.pdf, a 22 de Maio de 2012
- [24] QEnergia, “Metodologias de protecção contra descargas atmosféricas”, Disponível em <http://www.gennergia.pt/302/metodologias-de-proteccao-contra-descargas-atmosfericas.htm>, a 22 de Maio de 2012
- [25] Associação Portuguesa para a Qualidade, “Organismos de Normalização”. Disponível em <http://www.apq.pt/conteudo.aspx?id=145&idcm=38>, a 22 de Maio de 2012
- [26] ISO-SIGMA, “Grupo Iso-Sigma”. Disponível em <http://www.iso-sigma.pt/main.cfm?id=1048&l=1>, a 22 de Maio de 2012
- [27] DEHN, “DEHN-Seguridad com tradición”, Disponível em <http://www.dehn.es/es/empresa/historia.shtml>, a 25 de Maio de 2012
- [28] Lucínio Preza de Araújo, “Pára-Raios”, Disponível em <http://www.prof2000.pt/users/lpa/P%C3%A1ra-raios.doc>, a 02 de Junho de 2012

- [29] Lucínio Preza de Araújo, “Escolha do regime de neutro”, Disponível em <http://www.prof2000.pt/users/lpa/Escolha%20do%20regime%20de%20neutro.doc>, a 02 de Junho de 2012
- [30] Lucínio Preza de Araújo, “Descarregador de sobretensões”, Disponível em <http://www.prof2000.pt/users/lpa/dst.doc>, a 02 de Junho de 2012
- [31] ABB, “Protecção contra Sobretensões - Gama OVR”, Disponível em http://www.rsautomacao.com.br/catalogo/protetor_de_surto/ABB_OVR_PT%20Catalogue.pdf, a 02 de Junho de 2012
- [32] ABB, “Dispositivo protetor de surto - DPS: Linha OVR”, Junho de 2010
- [33] Diário de Notícias, “Trovoada da época acordou Grande Lisboa”, Disponível em http://www.dn.pt/inicio/portugal/interior.aspx?content_id=1357766&seccao=Sul a 02 de Junho de 2012
- [34] Soulé/Techno-Nathan, “La Foundre - La comprendre pour s’en protéger”, Setembro de 1989
- [35] DEHN, “Surge Protection - Catalogue 2010-2011”, Disponível em <http://pdf.directindustry.com/pdf/dehn-france/surge-protection/71310-218775.html>, a 02 de Junho de 2012
- [36] ElectroSanjo, Catálogo produtos, Disponível em <http://www.electrosanjo.pt/catalogo/listaprodutos.php?cat=126&83essão=1&p=2>, a 2 Junho de 2012

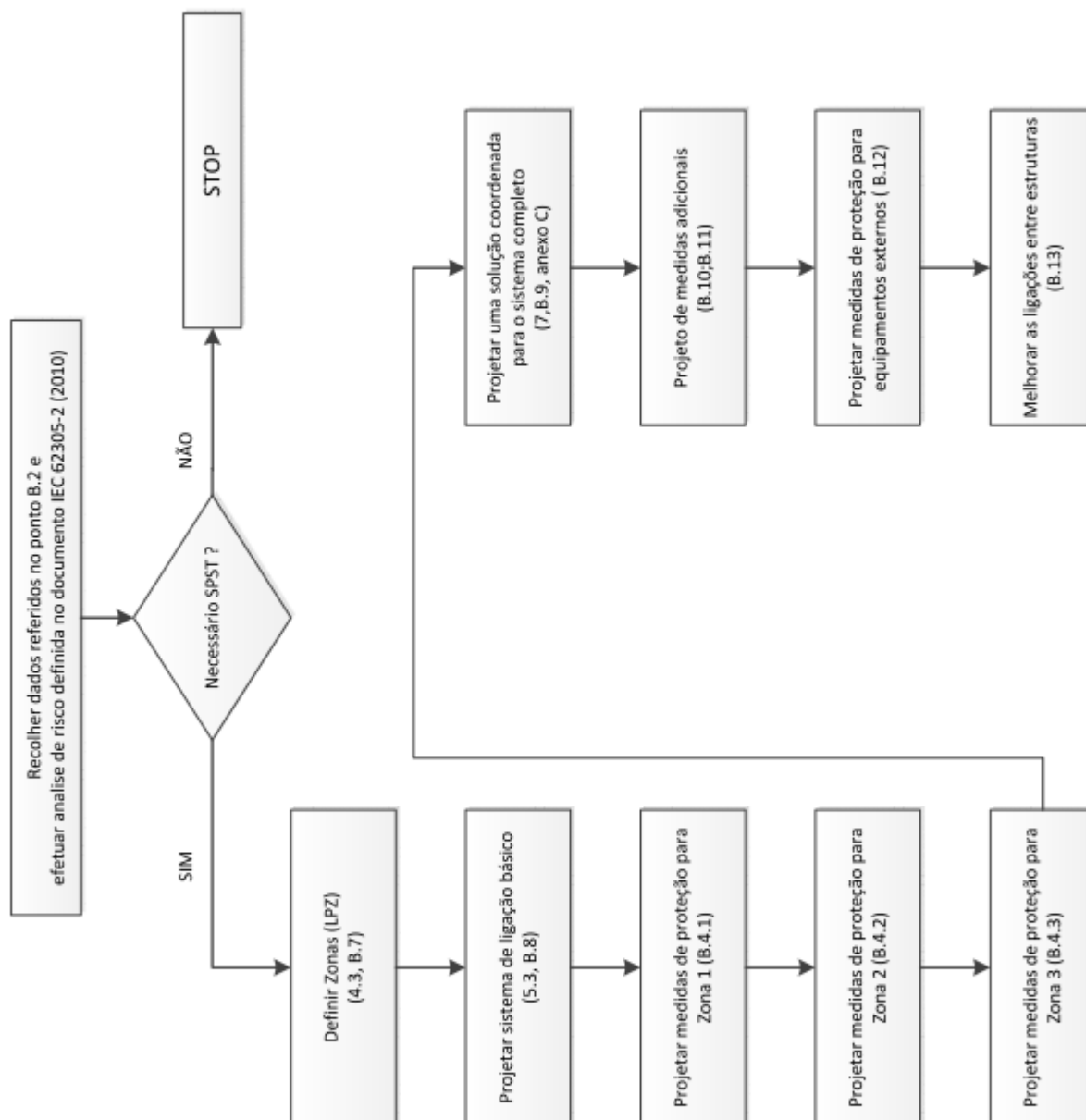
Anexo I - Fluxograma Sistema de Proteção contra descargas atmosféricas completo - SPDA

A informação apresentada neste documento foi obtida através da análise da norma IEC 62305-3 (2010).



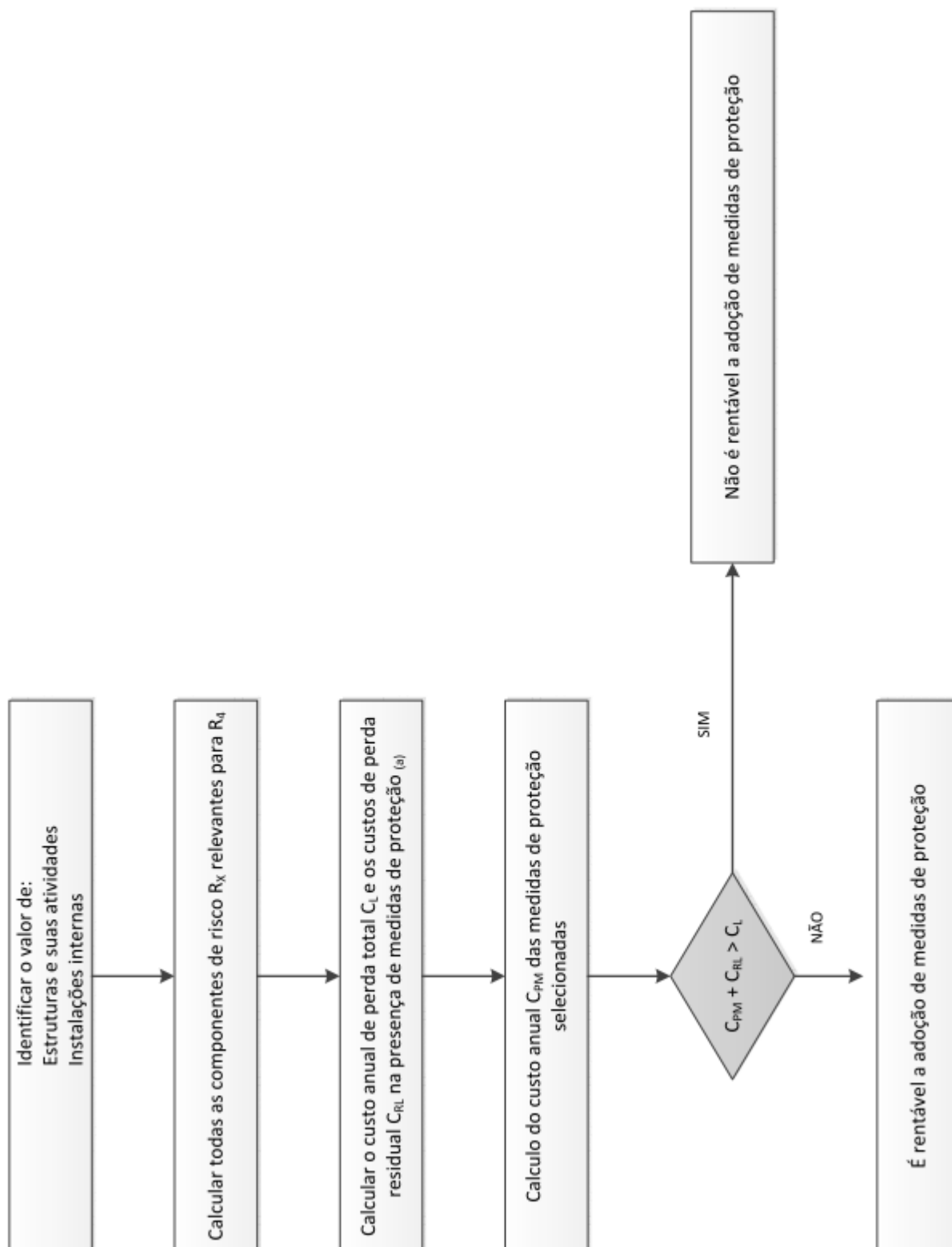
Anexo II - Fluxograma com as etapas para projetar um Sistema de Proteção contra os efeitos das sobretensões - SPST

A informação apresentada neste documento foi obtida através da análise da norma IEC 62305-4 (2010).



Anexo III - Fluxograma com Procedimento para avaliar a relação custo-benefício das medidas de proteção

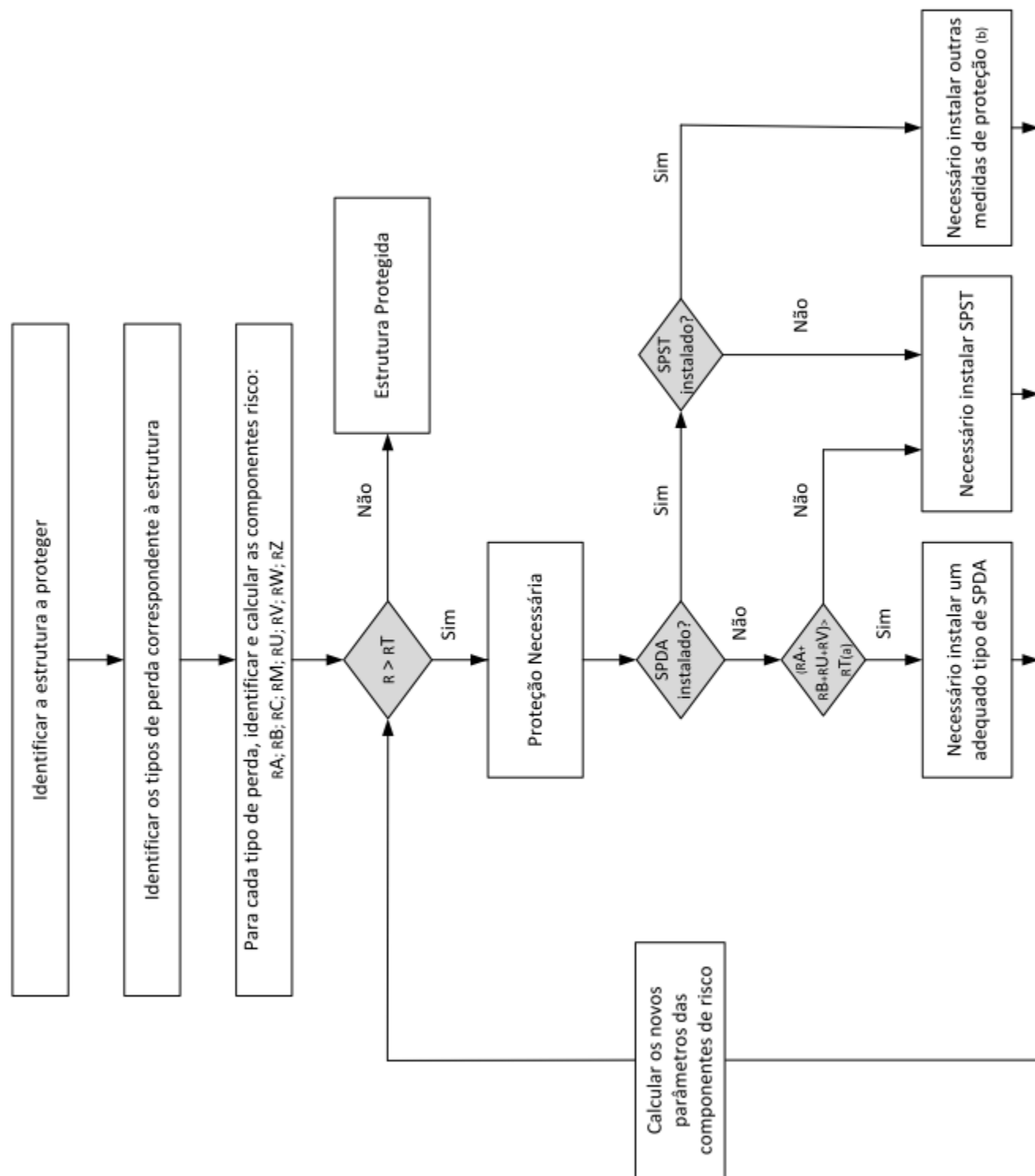
A informação apresentada neste documento foi obtida através da análise da norma IEC 62305-2 (2010).



(a) Necessário analisar norma IEC 62305-2 (2010), página 57, Anexo D.

Anexo IV - Fluxograma com Procedimento decidir acerca da necessidade de implementação de um sistema proteção e para selecionar as medidas correspondentes a implementar

A informação apresentada neste documento foi obtida através da análise da norma IEC 62305-2 (2010).

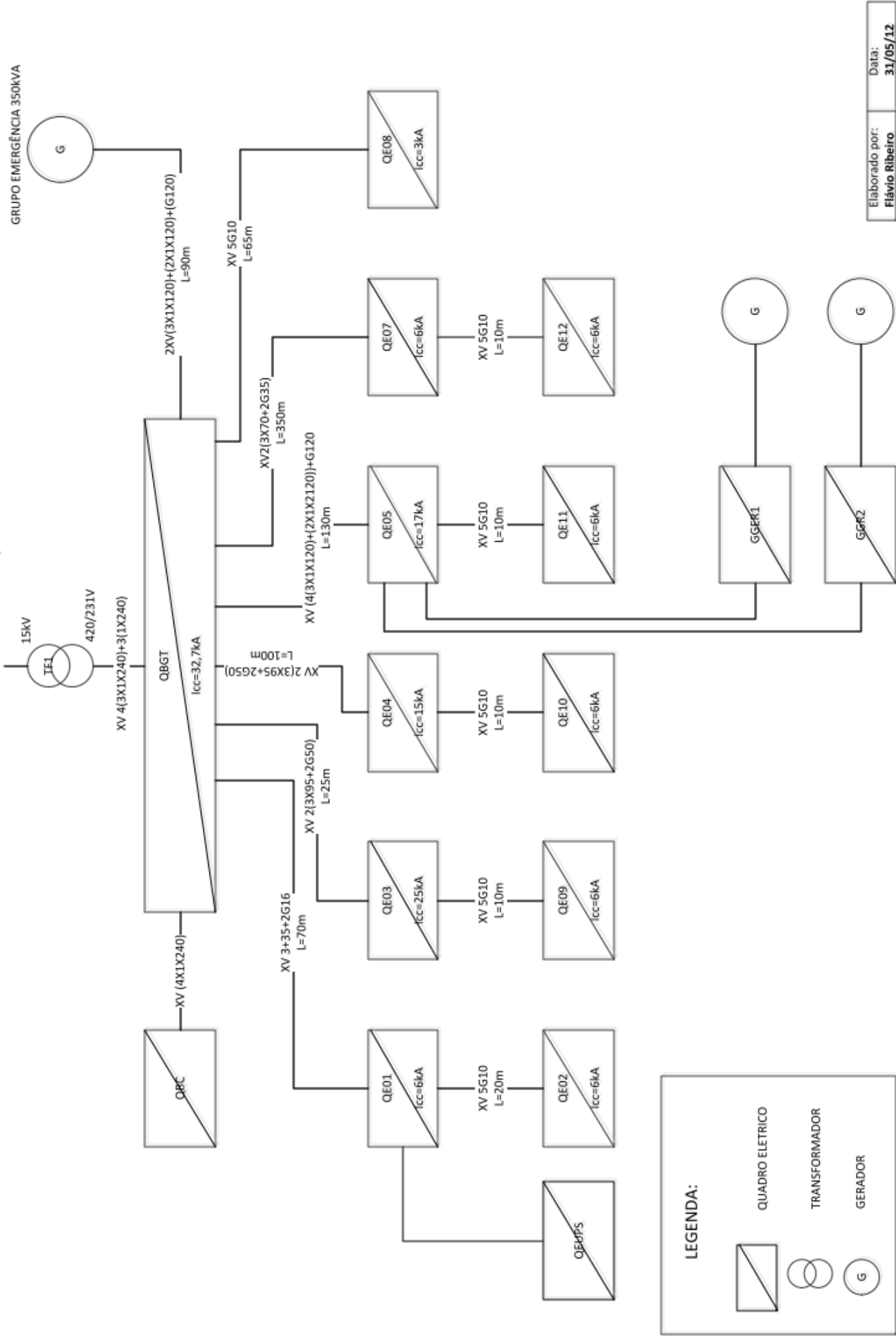


(a) Se $RA + RB < RT$, não é necessário um SPDA completo. Neste caso, é suficiente um SPDA de acordo com a norma IEC 62305 – 3 (2010).
(b) Ver norma IEC 62305 – 2 (2010), página 23, tabela 3.

Anexo V - Diagrama de Quadros

A informação apresentada neste documento traduz as informações e depoimentos recolhidos junto dos técnicos e responsáveis da ETAR em estudo.

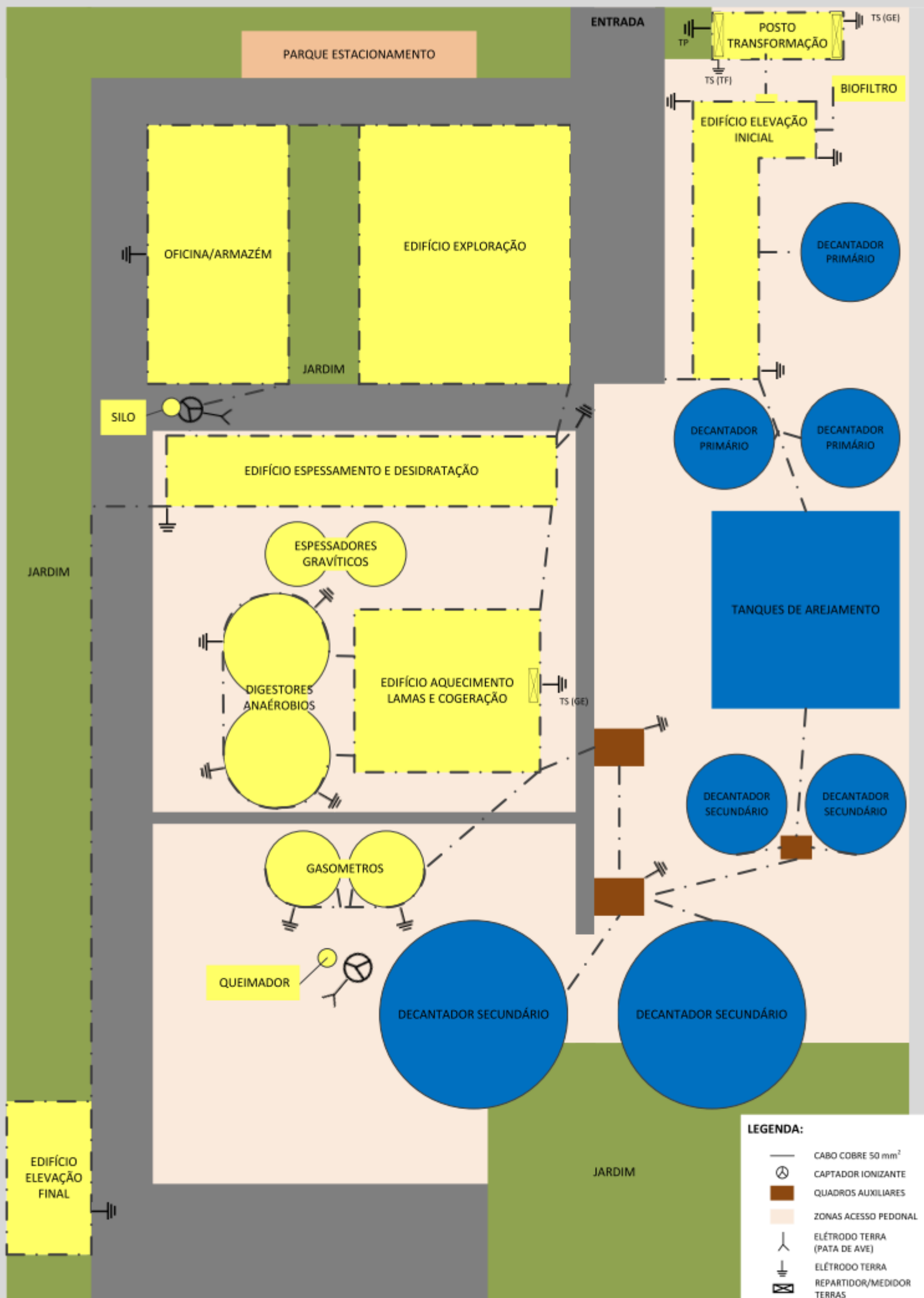
DIAGRAMA GERAL DE QUADROS



Anexo VI - Esquema do Traçado de ligação Terra

A informação contida neste anexo representa uma sintetização dos conhecimentos e anotações que os responsáveis na ETAR em estudo possuíam deste a requalificação ocorrida em 2008.

O traçado existente pode apresentar algumas imprecisões no espaço que ocupam e na escala apresentadas, isto porque não havia um suporte documental que permitisse a realização de tal representação de forma mais detalhada e precisa.



LEGENDA:

- CABO COBRE 50 mm²
- ⊕ CAPTADOR IONIZANTE
- QUADROS AUXILIARES
- ZONAS ACESSO PEDONAL
- ⌋ ELÉTRODO TERRA (PATA DE AVE)
- ⌋ ELÉTRODO TERRA
- ⌋ REPARTIDOR/MEDIDOR TERRAS

Anexo VII - Características dos elementos constituintes do SPDA

As informações contidas neste anexo foram obtidas através de:

- QENERGIA - “Sistemas de protecção contra descargas atmosféricas” - Catálogo 2007
- KLK ELECTRO MATERIAILES, SA - “*Mise à la terre*” - Ed.03/02/2000
- GENERAL CABLE CELCAT - “Lista de produtos em stock” - Abril 2010

Todos estes documentos são apenas para consulta, estando os direitos dos autores completamente salvaguardados. Qualquer cópia ou utilização indevida poderá ser sancionada ao abrigo da legislação em vigor.

Pára-raios IONIFLASH



Referência	Descrição	Material
1001A	Pára-raios IONIFLASH $\Delta T=129\mu s$ (inclui mastro 2,15m)	Aço Inox 316L
1001B	Pára-raios IONIFLASH $\Delta T=129\mu s$ (inclui mastro 2,15m)	Cobre
1001C	Pára-raios IONIFLASH $\Delta T=129\mu s$ (só cabeça)	Aço Inox 316L

O Aço Inox 316L apresenta níveis de resistência à corrosão muito superiores quando comparados com os aços inox mais comuns, como o aço 304, nomeadamente na presença de ambientes marítimos.



Pontas Captoras Franklin



Referência	Descrição	Material
1002A	Ponta captora Franklin; inclui mastro de 2,15m	Aço Inox 316L
1002B	Ponta captora Franklin; inclui mastro de 2,15m	Cobre

Mastros de Extensão



Referência	Descrição	Material
1003A	Mastro de extensão de 1 troço com 1,90m (Ht=4,05m)	Aço Inox
1003B	Mastro de extensão de 2 troços 3,65m (Ht=5,80m)	Aço Inox
1003C	Mastro de extensão de 3 troços 5,35 (Ht=7,5m)	Aço Inox

As extensões para mastro encaixam no mastro fornecido no pára-raios ou na ponta Franklin. Estas extensões podem ter 1, 2 ou 3 troços, sendo integralmente fabricadas em aço inox. A Norma Portuguesa NP 4426 obriga a que o captor esteja a uma altura superior em pelo menos 2 metros em relação a toda a zona a proteger.



Fixação Mural



Referência	Descrição	Material
1004A	Fixação mural para mastro	Aço galvanizado
1004B	Bucha e parafuso para fixação mural	Aço zincado
1004C	Fixação mural para mastro sem afastamento	Aço galvanizado
1004D	Fixação mural para mastro	Aço inox

Fixação de Encastrar



Referência	Descrição	Material
1005A	Fixação de encastrar para mastro	Aço galvanizado
1005B	Fixação de encastrar para mastro	Aço inox

Fixação Tubular e Roscada



Referência	Descrição	Material
1006A	Fixação tubular para mastro	Aço galvanizado
1006B	Fixação tubular para mastro sem afastamento	Aço galvanizado
1006C	Fixação tubular para mastro	Aço Inox
1006D	Fixação roscada para mastro	Aço galvanizado

Fixação por Cintas

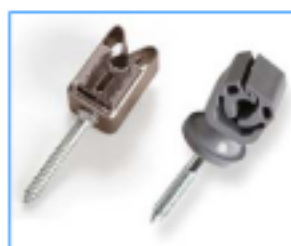


Referência	Descrição	Material
1007A	Fixação por cintas	Aço zincado
1007B	Cintas (para utilizar com 1007A)	Aço galvanizado

Recomenda-se a utilização de 2 fixações para mastros até 4m e 3 para alturas superiores.



Clips para Condutor Redondo



Referência	Descrição	Material
2005A	Clip para fixação de condutor redondo	Plástico
2005B	Clip para fixação de condutor redondo Ø10mm	Plástico
2005C	Clip para fixação de condutor redondo (inclui parafuso)	Aço Inox

Fixação para Condutor Redondo



Referência	Descrição	Material
2006A	Fixação para condutor redondo	Cobre
2006B	Fixação para condutor redondo Ø10mm	Cobre

Fixoband



Referência	Descrição	Material
2007A	Fita Fixoband	Aço Inox
2007B	Grampo Fixoband	Aço Inox
2007C	Ferramenta de aplicação Fixoband	Aço Inox

Fixação de Tela



Referência	Descrição	Material
2008A	Fixação por tela isolante	Tela

Bloco de Suporte para Condutor Plano ou Redondo



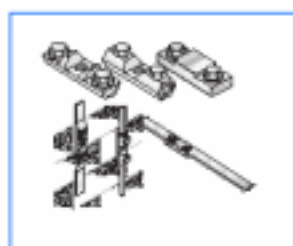
Referência	Descrição	Material
2009A	Bloco de suporte para condutor plano ou redondo	Plástico e cimento

Ligadores Cruzados



Referência	Descrição	Material
2019A	Ligador cruzado para condutor redondo	Aço Inox
2019B	Ligador cruzado para condutor redondo	Cobre
2019C	Ligador cruzado para condutor redondo	Aço galvanizado

Ligadores Bimetálicos



Referência	Descrição	Material
2020A	Ligador bimetálico para condutor plano	Aço Inox
2020B	Ligador bimetálico para condutor redondo	Aço Inox
2020C	Ligador bimetálico para condutor plano	Cobre/Alumínio

Deve evitar-se conectar matérias diferentes, pois pode provocar problemas de corrosão galvânica. As ligações mais problemáticas situam-se ao nível do Cobre-Alumínio e cobre-zinco. Nestes casos devem utilizar-se soldaduras aluminotérmicas (Capítulo 05) ou ligadores bimetálicos.



Contador de Descargas



Referência	Descrição	Material
2021A	Contador de descargas digital	
2021B	Contador de descargas mecânico	

Ligador Amovível



Referência	Descrição	Material
2022A	Ligador amovível	Latão

Protecção de Baixada



Referência	Descrição	Material
2023A	Protecção mecânica de baixa 2m	Aço galvanizado
2023B	Protecção mecânica de baixa 2m	Aço Inox

Eléctrodos de Terra



Referência	Descrição	Material
4001D	Eléctrodo em piquet 2,0m Ø 14,2mm	Aço cobreado 250 µm
4001H	Eléctrodo em piquet 1,5m Ø 15mm	Aço Inox
4001I	Eléctrodo em piquet 2m Ø 15mm	Aço Inox
4001J	Eléctrodo	Grafite

Unões para Eléctrodos de Terra



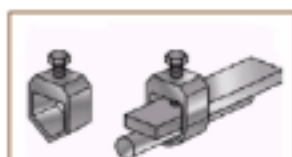
Referência	Descrição	Material
4002B	União para eléctrodo Ø 14,2mm	Bronze
4002D	União para eléctrodo Ø 15mm	Aço Inox

Batentes para Eléctrodos



Referência	Descrição	Material
4003B	Batente para eléctrodos Ø 14,2mm	Aço temperado
4003D	Batente para eléctrodos Ø 15mm	Aço temperado

Ligadores de Condutor a Eléctrodo



Referência	Descrição	Material
4004A	Ligador plano a eléctrodo	Bronze
4004B	Ligador redondo a eléctrodo	Bronze

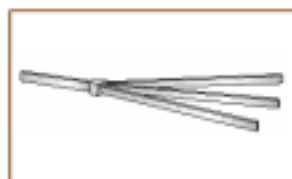


Caixa de Visita



Referência	Descrição	Material
4005A	Caixa de visita	Plástico

Pata de Galo



Referência	Descrição	Material
4007A	Pata de Galo	Cobre estanhado

Ligador Pata de Galo



Referência	Descrição	Material
4008A	Ligador Pata de Galo	Cobre

Placas e Grelhas de Cobre



Referência	Descrição	Material
4009A	Placa 600x600x3mm	Cobre
4009B	Placa 2000x1000x2mm	Cobre
4009C	Grelha 900x900x3mm	Cobre

Barras Colectoras de Terras



Referência	Descrição	Material
4011A	Barra colectora de terras de 16 furos (inclui isoladores)	Cobre estanhado
4011B	Barra colectora de 6 furos (inclui isoladores)	Cobre
4011C	Barra colectora de terras de 10 furos (inclui isoladores)	Cobre

Cabos de Cobre **DURO**

RECOMENDAÇÃO UNESA 3401 B

Normas de concepção: UNE-21012

Aplicação: Para linhas aéreas e condutores de terra

Bobinas

Código GC CelCat (kg)	Código GC CelCat (m)	Secção mm²	Composição	Pesos		Fornecimentos standard				Disponibilidade em stock
				kg / m	m / kg	Tipo	kg	Tipo	kg	
TC4110099P	TC4110599P	1x16	7x1,70	0,144	6,944	49	500			x
TC4120099P	TC4120699P	1x25	7x2,14	0,228	4,386	49	500			x
TC4130099P	TC4130499P	1x35	7x2,53	0,317	3,155	49	500	50	1.000	•
TC4140099P *	TC4140799P *	1x50	19x1,83	0,455	2,198	49	500	50	1.000	•
TC4150099P *	TC4150799P *	1x70	19x2,17	0,640	1,563	49	500	50	1.000	•
TC4160099P *	TC4160499P *	1x95	19x2,52	0,858	1,166	49	500	50	1.000	•
TC4180499P	TC4180299P**	1x150	37x2,24	1,332	0,751	82	1.332			•

* Cumpre a norma DMA-C34-110 da EDP

** Cumpre a norma REN F-CT RT REV.C

• - Stock

x - Semi-stock

Cabos de Cobre **MULTIFILAR**

Normas de concepção: IEC 60228

Aplicação: Para condutores de terra

Bobinas

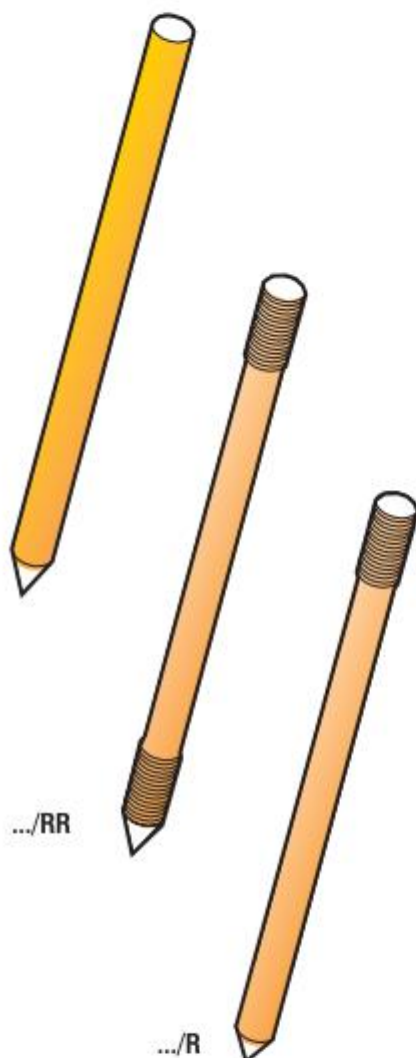
Código GC CelCat (m)	Secção mm²	Composição	Pesos		Fornecimentos standard		Disponibilidade em stock
			kg / m	m / kg	Tipo	m	
T05130999P	1x35	7x2,71	0,302	3,311	14	5.000	•
T05141099P	1x50	19x1,84	0,412	2,427	16	5.000	•
T05151199P	1x70	19x2,22	0,590	1,695	16	4.000	•
T05161199P	1x95	19x2,71	0,810	1,235	16	3.000	•

• - Stock

x - Semi-stock

OTRAS PICAS DE ACERO-COBRE

Nos piquets en Acier-Cuivré sont des électrodes cylindriques de mise à la terre réalisées à partir d'une âme en acier recouverte d'une couche épaisse de cuivre électrolytique pur moléculairement unis entre eux.



TYPE **NU**

Haute qualité. Epaisseur moyenne Cu 300 microns.

Repère	Long.(mm.) x Ø nominal	Ø réel
15 NU 146	1500 x 16	14.6
20 NU 146	2000 x 16	14.6
25 NU 146	2500 x 16	14.6
30 NU 146	3000 x 16	14.6
15 NU 183	1500 x 20	18.3
20 NU 183	2000 x 20	18.3
25 NU 183	2500 x 20	18.3
30 NU 183	3000 x 20	18.3

TYPE **J**

Suivant ANSI/UL 467. Epaisseur Cu 250 microns minimum.

Repère	Long.(mm.) x Ø nominal	Ø réel
J-15 58	1500 x 5/8"	14.3
J-20 58	2000 x 5/8"	14.3
J-25 58	2500 x 5/8"	14.3
J-30 58	3000 x 5/8"	14.3
J-15 34	1500 x 3/4"	17.3
J-20 34	2000 x 3/4"	17.3
J-25 34	2500 x 3/4"	17.3
J-30 34	3000 x 3/4"	17.3

Ajouter le suffixe "**R**" à la référence pour les piquets filetés à une extrémité et "**RR**" pour les piquets filetés à chaque extrémité.

NOTA: Le diamètre nominal correspond au diamètre sur le filetage roulé.

**NOS PIQUETS
SONT ÉTAMPÉS
AVEC SON REPÈRE.**

TYPE **ST**

Qualité marchande. Epaisseur moyenne Cu 150 microns.

Repère	Long.(mm.) x Ø nominal	Ø réel
15 ST 143	1500 x 16	14.3
20 ST 143	2000 x 16	14.3
25 ST 143	2500 x 16	14.3
30 ST 143	3000 x 16	14.3

**SUR DEMANDE NOUS POUVONS FABRIQUER DES PIQUETS
EN DEHORS DE NOS STANDARDS.**

Anexo VIII - Características dos DST instalados

As informações contidas neste anexo foram obtidas através de:

1. ABB - “*Overvoltage Protection - OVR Range*” - 2CTC432001C0201

Todos estes documentos são apenas para consulta, estando os direitos dos autores completamente salvaguardados. Qualquer cópia ou utilização indevida poderá ser sancionada ao abrigo da legislação em vigor.

ABB Surge Protective Device range

Lightning current arresters (Spark gap/varistor) - Characteristics

		7 kA (10/350)			15 kA (10/350)						25 kA (10/350)	
		More info										
		OVR T1+2 7 275 s P (2CTB815101R3600)	OVR T1+2 3L 7 275 s P (2CTB815101R4000)	OVR T1+2 4L 7 275 s P (2CTB815101R4100)	OVR T1+2 15 255-7 (2CTB815101R5600)	OVR T1+2 3N 15 255-7 (2CTB815101R5600)	OVR HL 15 440 s P TS (2CTB815201R6000)	OVR HL 15 255 s P TS (2CTB815201R6000)	OVR HL 2L 15 440 s P TS (2CTB815303R6400)	OVR HL 3L 15 440 s P TS (2CTB815401R6400)	OVR HL 4L 15 440 s P TS (2CTB815503R6400)	OVR T1+2 25 255 TS (2CTB815101R6000)
Electrical characteristics												
Types of network	p.10	TNS-TNC-TT	TNC	TNS-TT	TNS-TNC-TT	TT	TNS-TNC-IT-TT	TNS-TNC-TT	TNS-IT-TT	TNC-IT	TNS-IT-TT	TNS-TNC-TT
Number of poles		1	3	4	1	4	1	1	2	3	4	1
Type of surge arrester		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Type of current		A.C.	A.C.	A.C.	A.C.	A.C.	A.C.	A.C.	A.C.	A.C.	A.C.	A.C.
Nominal voltage: U_n	p.7	230 V	230 V	230 V	230 V	230 V	400 V	230 V	230/400 V	230/400 V	230/400 V	230 V
Max. cont. operating voltage: U_c	p.8	275 V	275 V	275 V	255 V	255 V	440 V	275 V	440 V	440 V	440 V	255 V
Impulse current: I_{imp} (10/350 wave)	p.7	7 kA	7 kA	7 kA	15 kA	15/50 kA	15 kA	15 kA	15 kA	15 kA	15 kA	25 kA
Max. discharge current: I_{max} (8/20 wave)	p.7	70 kA	70 kA	70 kA	-	-	100 kA	100 kA	100 kA	100 kA	100 kA	-
Nominal discharge current: I_n (8/20 wave)	p.7	6 kA	6 kA	6 kA	15 kA	15 kA	5 kA	5 kA	5 kA	5 kA	5 kA	25 kA
Voltage protection level: U_p (at $I_n = 5$ kA)	p.7	0.9 kV	0.9 kV	0.9 kV	1.5 kV	1.5 kV	1.4 kV	1.4 kV	1.4 kV	1.4 kV	1.4 kV	1.5 kV
Residual voltage: U_r (at 3 kA)		0.85 kV	0.85 kV	0.85 kV	-	-	1.2 kV	1.2 kV	1.2 kV	1.2 kV	1.2 kV	1.2 kV
Follow current: I_f		None	None	None	7 kA	7 kA	None	None	None	None	None	15 kA
TOV withstand: U_T (5 s)		334 V	334 V	334 V	650 V	650 V	440 V	440 V	440 V	440 V	440 V	334 V
Continuous operating current: I_c		< 1 mA	< 1 mA	< 1 mA	< 0.2 mA	< 0.2 mA	< 1 mA	< 1 mA	< 1 mA	< 1 mA	< 1 mA	< 1 mA
Short-circuit withstand capability: I_{sc}		50 kA	50 kA	50 kA	50 kA	50 kA	50 kA	50 kA	50 kA	50 kA	50 kA	50 kA
Response time: t_d		≤ 25 ns	≤ 25 ns	≤ 25 ns	≤ 100 ns	≤ 100 ns	≤ 25 ns	≤ 25 ns	≤ 25 ns	≤ 25 ns	≤ 25 ns	≤ 25 ns
Load current: I_{load}		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	125 A
Associated breaking device:												
- gG - gL fuse	p.45	20 A	20 A	20 A	125 A	125 A	25 A	25 A	25 A	25 A	25 A	125 A
- curve C circuit-breaker	p.45	32 A	32 A	32 A	-	-	40 A	40 A	40 A	40 A	40 A	-
Mechanical and installation characteristics												
LN connection terminals:												
- solid wire		2.5 ... 25 mm ²			2.5 ... 50 mm ²			2.5 ... 25 mm ²			2.5 ... 50 mm ²	
- stranded wire		2.5 ... 16 mm ²			2.5 ... 35 mm ²			2.5 ... 16 mm ²			2.5 ... 35 mm ²	
LN stripping length		12.5 mm			15 mm			12.5 mm			15 mm	
LN tightening torque		2.8 Nm			3.5 Nm			2 Nm			3.5 Nm	
PE connection terminal:												
- solid wire		2.5 ... 25 mm ²			2.5 ... 50 mm ²			2.5 ... 25 mm ²			2.5 ... 50 mm ²	
- stranded wire		2.5 ... 16 mm ²			2.5 ... 35 mm ²			2.5 ... 16 mm ²			2.5 ... 35 mm ²	
PE stripping length		12.5 mm			15 mm			12.5 mm			15 mm	
PE tightening torque		2.8 Nm			3.5 Nm			2 Nm			3.5 Nm	
Integrated thermal disconnect		Yes			No			Yes			No	
End of life indicator	p.18	Yes			Yes			Yes			Yes	
Compatibility with OVR Sign	p.18	Yes			No			Yes			No	
Safety reserve (s)	p.18	Yes	Yes	Yes	No	No	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	No
Remote indicator (TS)	p.18	No	No	No	No	No	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Miscellaneous characteristics												
Degree of protection		IP 20										
Temperature range		-40 °C to +80 °C										
Maximum altitude		2000 m										
Case material		PC grey RAL 7035			PA grey RAL 7035			PC grey RAL 7035			PA grey RAL 7035	
Insulating material		UL94 V0 classification										
Reference standards		IEC 61643-1 / EN 61643-11										
Weight		150 g	450 g	600 g	125 g	500 g	250 g	250 g	500 g	750 g	1000 g	250 g
Maintenance												
Replacement cartridges		OVR T1+2 7 275 s C (2CTB815501R3600)	3 x OVR T1+2 7 275 s C (2CTB815501R3600)	4 x OVR T1+2 7 275 s C (2CTB815501R3600)	-	-	OVR HL 15 440 s C (2CTB815201R6000)	OVR HL 15 255 s C (2CTB815201R6000)	2 x OVR HL 15 440 s C (2CTB815201R6000)	3 x OVR HL 15 440 s C (2CTB815201R6000)	4 x OVR HL 15 440 s C (2CTB815201R6000)	-

ABB Surge Protective Device range

Single-block single-pole surge arresters (Varistor) - Characteristics

		15 kA (8/20)		40 kA (8/20)		65 kA (8/20)		100 kA (8/20)	
		275 V	440 V	275 V	440 V	275 V	440 V	275 V	440 V
More info		OVR 15 275 (2CTB813811R0800)	OVR 15 440 (2CTB813811R0400)	OVR 40 275 (2CTB813811R0700) OVR 40 275 s (?) (2CTB813811R1300)	OVR 40 440 (2CTB813811R0300) OVR 40 440 s (?) (2CTB813811R0900)	OVR 65 275 (2CTB813811R0600) OVR 65 275 s (?) (2CTB813811R0300)	OVR 65 440 (2CTB813811R0200) OVR 65 440 s (?) (2CTB813811R0100)	OVR 100 275 s (?) (2CTB813811R1200)	OVR 100 440 s (?) (2CTB813811R1100)
Electrical characteristics									
Types of network	p. 10	TNC-TNS-TT	IT-TNC-TNS-TT	TNC-TNS-TT	IT-TNC-TNS-TT	TNC-TNS-TT	IT-TNC-TNS-TT	TNC-TNS-TT	IT-TNC-TNS-TT
Number of poles		1		1		1		1	
Type of surge arrester		2		2		2		2	
Type of current		A.C.		A.C.		A.C.		A.C.	
Nominal voltage: U_n	p. 7	230 V	400 V	230 V	400 V	230 V	400 V	230 V	400 V
Max. cont. operating voltage: U_c	p. 8	275 V	440 V	275 V	440 V	275 V	440 V	275 V	440 V
Max. discharge current: I_{max} (8/20)	p. 7	15 kA		40 kA		65 kA		100 kA	
Nominal discharge current: I_n (8/20)	p. 7	5 kA		10 kA		20 kA		30 kA	
Voltage protection level: U_p at I_n	p. 7	1.2 kV	1.8 kV	1.2 kV	1.8 kV	1.2 kV	1.8 kV	1.2 kV	1.8 kV
Residual voltage: U_{res} at 3 kA		1.0 kV	1.5 kV	0.9 kV	1.4 kV	0.85 kV	1.3 kV	0.8 kV	1.25 kV
TOV withstand: U_r (5s)	p. 8	334 V	440 V	334 V	440 V	334 V	440 V	334 V	440 V
Continuous operating current: I_c		< 1 mA		< 1 mA		< 1 mA		< 1 mA	
Short-circuit withstand capability: I_s		10 kA		25 kA		25 kA		25 kA	
Response time: t_d		≤ 25 ns		≤ 25 ns		≤ 25 ns		≤ 25 ns	
Associated breaking device:									
- gG - gL fuse	p. 45	16 A		16 A		20 A		25 A	
- curve C circuit-breaker	p. 45	10 A		25 A		32 A		40 A	
Mechanical and installation characteristics									
L/N connection terminals:									
- solid wire				2.5 ... 25 mm ²					
- stranded wire				2.5 ... 16 mm ²					
L/N stripping length				12.5 mm					
L/N tightening torque				2 Nm					
PE connection terminal:									
- solid wire				2.5 ... 25 mm ²				2.5 ... 50 mm ²	
- stranded wire				2.5 ... 16 mm ²				2.5 ... 35 mm ²	
PE stripping length				12.5 mm				15 mm	
PE tightening torque				2 Nm				3.5 Nm	
Integrated thermal disconnecter				Yes				Yes	
End of life indicator	p. 18			Yes				Yes	
Compatibility with OVR Sign	p. 18			Yes				Yes	
Safety reserve (s)	p. 18	No		Yes (?)		Yes (?)		Yes (?)	
Remote indicator (TS)	p. 18	No		No		No		No	
Miscellaneous characteristics									
Degree of protection				IP 20					
Temperature range				-40 °C to +80 °C					
Maximum altitude				2000 m					
Case material				PC grey RAL 7035					
Insulating material				UL94 V0 classification					
Reference standards				IEC 61643-1 / EN 61643-11					
Weight				150 g				250 g	

ABB Surge Protective Device range

Pluggable single-pole surge arresters - Characteristics

		15 kA (8/20)		40 kA (8/20)		70 kA (8/20)		Neutral	100 kA (8/20)		Neutral
		275 V	440 V	275 V	440 V	275 V	440 V		275 V	440 V	
		OVR 15 275 P (CCTB1385/P0400)	OVR 15 440 P (CCTB1385/P1000)	OVR 40 275 P (CCTB1385/P0300)		OVR 70 275 P (CCTB1385/P0200)	OVR 70 440 P (CCTB1385/P1000)	OVR 70 NP (CCTB1385/R1000)	OVR 100 275 P (CCTB1385/P0400)		OVR 100 NP (CCTB1385/R0300)
				OVR 40 275 s P (1) (CCTB1385/P0300)		OVR 70 275 s P (1) (CCTB1385/P0200)	OVR 70 440 s P (1) (CCTB1385/P1000)		OVR 100 275 s P (1) (CCTB1385/P0400)	OVR 100 440 s P (1) (CCTB1385/P1000)	
			OVR 15 440 P TS (1) (CCTB1385/R0400)	OVR 40 275 P TS (1) (CCTB1385/P0300)	OVR 40 440 P TS (1) (CCTB1385/R0300)	OVR 70 275 P TS (1) (CCTB1385/P0200)	OVR 70 440 P TS (1) (CCTB1385/P1000)				
				OVR 40 275 s P TS (1) (CCTB1385/P0300)	OVR 40 440 s P TS (1) (CCTB1385/R0300)	OVR 70 275 s P TS (1) (CCTB1385/P0200)	OVR 70 440 s P TS (1) (CCTB1385/P1000)		OVR 100 275 s P TS (1) (CCTB1385/P0400)	OVR 100 440 s P TS (1) (CCTB1385/P1000)	
More info				OVR 40 275 s P TS (1) (CCTB1385/P0300)	OVR 40 440 s P TS (1) (CCTB1385/R0300)	OVR 70 275 s P TS (1) (CCTB1385/P0200)	OVR 70 440 s P TS (1) (CCTB1385/P1000)				

Electrical characteristics

Types of network	p.10	TNC-TNS-TT	IT-TNC-TNS-TT	TNC-TNS-TT	IT-TNC-TNS-TT	TNC-TNS-TT	IT-TNC-TNS-TT	TT	TNC-TNS-TT	IT-TNC-TNS-TT	TT
Number of poles		1		1		1			1		
Type of surge arrester		2		2		2			2		
Type of current		A.C.		A.C.		A.C.			A.C.		
Nominal voltage: U_n	p.7	230 V	400 V	230 V	400 V	230 V	400 V	-	230 V	400 V	-
Max. cont. operating voltage: U_c	p.8	275 V	440 V	275 V	440 V	275 V	440 V	255 V	275 V	440 V	255 V
Max. discharge current: I_{max} (8/20)	p.7	15 kA		40 kA		70 kA			100 kA		
Nominal discharge current: I_n (8/20)	p.7	5 kA		20 kA		30 kA			30 kA		
Voltage protection level: U_p at I_n	p.7	1.0 kV	1.5 kV	1.4 kV	1.9 kV	1.5 kV	2.0 kV	1.4 kV	1.2 kV	1.8 kV	1.4 kV
Residual voltage: U_{res} at 3 kA		0.9 kV	1.4 kV	0.9 kV	1.4 kV	0.85 kV	1.3 kV	1.2 kV	0.8 kV	1.25 kV	1.2 kV
TCV withstand: U_1 (5 s)	p.8	334 V	440 V	334 V	440 V	334 V	440 V	1200 V (200ms)	334 V	440 V	1200 V (200ms)
Continuous operating current: I_c		< 1 mA		< 1 mA		< 1 mA		< 0.001 mA	< 1 mA		< 0.001 mA
Short-circuit withstand capability: I_{sc}		50 kA		50 kA		50 kA		N/A	50 kA		N/A
Response time: t_d		≤ 25 ns		≤ 25 ns		≤ 25 ns		≤ 100 ns	≤ 25 ns		≤ 100 ns
Associated breaking device:											
- pG - gL fuse	p.45	16 A		16 A		20 A		N/A	25 A		N/A
- curve C circuit-breaker	p.45	10 A		25 A		32 A		N/A	40 A		N/A

Mechanical and installation characteristics

L/N connection terminals:											
- solid wire						2.5 ... 25 mm ²					
- stranded wire						2.5 ... 16 mm ²					
L/N stripping length						12.5 mm					
L/N tightening torque						2 Nm					
PE connection terminal:											
- solid wire						2.5 ... 25 mm ²					
- stranded wire						2.5 ... 16 mm ²					
PE stripping length						12.5 mm					
PE tightening torque						2 Nm					
Integrated thermal disconnect						Yes					
End of life indicator	p.18			Yes				No	Yes		No
Compatibility with OVR Sign	p.18					Yes					
Safety reserve (s)	p.18	No		Yes (1)		Yes (1)		No	Yes		No
Remote indicator (TIS)	p.18	No	Yes (1)	Yes (1)		Yes (1)		No	Yes		No

Miscellaneous characteristics

Degree of protection						IP 20					
Temperature range						-40 °C to +80 °C					
Maximum altitude						2000 m					
Case material						PC grey RAL 7035					
Insulating material						UL94 V0 classification					
Reference standards						IEC 61643-1 / EN 61643-11					
Weight				150 g					250 g		

Maintenance

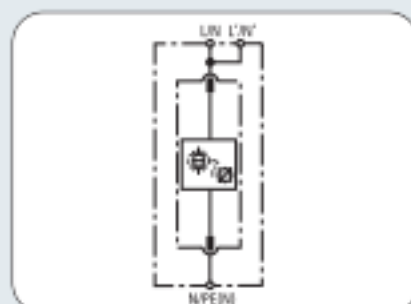
Replacement cartridges		OVR 15 275 C (CCTB1385/R1200)	OVR 15 440 C (CCTB1385/R0300)	OVR 40 275 C (CCTB1385/R1000)	OVR 40 440 C (CCTB1385/R0300)	OVR 70 275 C (CCTB1385/R0200)	OVR 70 440 C (CCTB1385/R1000)	OVR 70 N C (CCTB1385/R0300)			2 x OVR 70 N C (CCTB1385/R0300)
				OVR 40 275 s C (1) (CCTB1385/R0300)		OVR 70 275 s C (1) (CCTB1385/R0200)	OVR 70 440 s C (1) (CCTB1385/R1000)		2 x OVR 70 275 s C (1) (CCTB1385/R0200)	2 x OVR 70 440 s C (1) (CCTB1385/R1000)	

Anexo IX - Características dos DST sugeridos

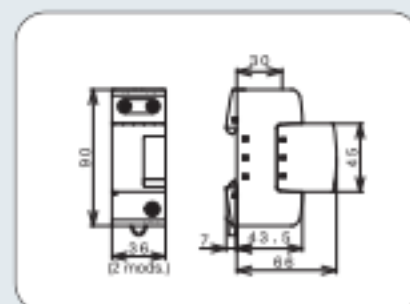
As informações contidas neste anexo foram obtidas através de:

1. DEHN - “*Surge Protection*” - Catalogue 2010/2011

Todos estes documentos são apenas para consulta, estando os direitos dos autores completamente salvaguardados. Qualquer cópia ou utilização indevida poderá ser sancionada ao abrigo da legislação em vigor.

DEHNbloc® M**DEHNbloc M 1 ...****POWER SUPPLY SYSTEMS****LIGHTNING CURRENT ARRESTERS – TYPE 1**

Basic circuit diagram DB M 1 ...



Dimension drawing DB M 1 ...

DB M 1 ...: Single-pole, modular, coordinated lightning current arrester with high follow current limitation

	DB M 1 150	DB M 1 255	DB M 1 320
SPD according to EN 61643-11	Type 1	Type 1	Type 1
SPD according to IEC 61643-1	Class I	Class I	Class I
Max. continuous operating a.c. voltage U_c	150 V	255 V	320 V
Lightning impulse current (10/350 μ s) I_{imp}	35 kA	50 kA	25 kA
Nominal discharge current (8/20 μ s) I_n	35 kA	50 kA	25 kA
Voltage protection level U_p	1.5 kV	2.5 kV	2.5 kV
Follow current extinguishing capability a.c. I_{ef}	50 kA _{res}	50 kA _{res}	50 kA _{res}
Follow current limitation/Selectivity	no tripping of a 32 A gL/gG fuse up to 50 kA _{res} (prosp.)	no tripping of a 32 A gL/gG fuse up to 50 kA _{res} (prosp.)	no tripping of a 32 A gL/gG fuse up to 50 kA _{res} (prosp.)
Response time t_d	≤ 100 ns	≤ 100 ns	≤ 100 ns
Max. backup fuse (L) up to $I_k = 50$ kA _{res} ($t_k \leq 0.2$ s)	500 A gL/gG	500 A gL/gG	315 A gL/gG
Max. backup fuse (L) up to $I_k = 50$ kA _{res} ($t_k \leq 5$ s)	315 A gL/gG	315 A gL/gG	315 A gL/gG
Max. backup fuse (L) for $I_k > 50$ kA _{res}	200 A gL/gG	200 A gL/gG	200 A gL/gG
Max. backup fuse (L-L')	125 A gL/gG	125 A gL/gG	125 A gL/gG
Temporary overvoltage (TOV) U_T	200 V / 5 sec.	440 V / 5 sec.	440 V / 5 sec.
TOV characteristics	withstand	withstand	withstand
Operating temperature range (parallel connection) T_{op}	-40°C...+80°C	-40°C...+80°C	-40°C...+80°C
Operating temperature range (series connection) T_{us}	-40°C...+60°C	-40°C...+60°C	-40°C...+60°C
Operating state/fault indication	green / red	green / red	green / red
Cross-sectional area (L/N, L'/N', N/PE (N)) min.	10 mm ² solid/flexible	10 mm ² solid/flexible	10 mm ² solid/flexible
Cross-sectional area (L/N, N/PE(N)) max.	50 mm ² stranded/35 mm ² flexible	50 mm ² stranded/35 mm ² flexible	50 mm ² stranded/35 mm ² flexible
Cross-sectional area (L'/N') max.	35 mm ² stranded/25 mm ² flexible	35 mm ² stranded/25 mm ² flexible	35 mm ² stranded/25 mm ² flexible
For mounting on	35 mm DIN rail acc. to EN 60715	35 mm DIN rail acc. to EN 60715	35 mm DIN rail acc. to EN 60715
Enclosure material	thermoplastic, red, UL 94 V-0	thermoplastic, red, UL 94 V-0	thermoplastic, red, UL 94 V-0
Degree of protection	IP 20	IP 20	IP 20
Capacity	2 mods., DIN 43880	2 mods., DIN 43880	2 mods., DIN 43880
Test standards	—	VDE, KEMA	—
Ordering information			
Type	DB M 1 150	DB M 1 255	DB M 1 320
Part No.	961 110	961 120	NEW 961 130
Packing unit	1 pc(s).	1 pc(s).	1 pc(s).

Accessory Part for DEHNbloc® M**DB M spark-gap-based protection module**

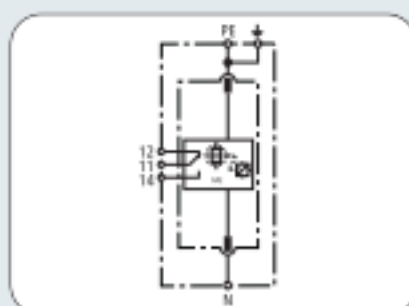
Type	PU pc(s).	Part No.
DB M MOD 150	1	961 001
DB M MOD 255	1	961 002
DB M MOD 320	1	961 003

DEHNgap

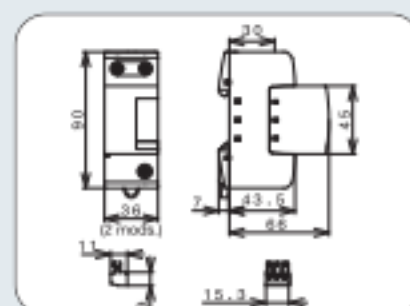
DEHNgap M 255 (FM)

POWER SUPPLY SYSTEMS

N-PE LIGHTNING CURRENT ARRESTERS



Basic circuit diagram DGP M 255 FM



Dimension drawing DGP M 255 FM

DGP M 255 (FM): Single-pole, modular, coordinated N-PE lightning current arrester for $U_c = 255$ V; also available with remote signalling contact for the monitoring system (floating changeover contact)

	DGP M 255	DGP M 255 FM
SPD according to EN 61643-11	Type 1	Type 1
SPD according to IEC 61643-1	Class I	Class I
Max. continuous operating a.c. voltage U_c	255 V	255 V
Lightning impulse current (10/350 μ s) I_{imp}	100 kA	100 kA
Nominal discharge current (8/20 μ s) I_n	100 kA	100 kA
Voltage protection level U_p	≤ 1.5 kV	≤ 1.5 kV
Follow current extinguishing capability a.c. I_{f1}	100 A _{res}	100 A _{res}
Response time t_d	≤ 100 ns	≤ 100 ns
Temporary overvoltage (TOV)	1200 V / 200 ms	1200 V / 200 ms
TOV characteristics	withstand	withstand
Operating temperature range (parallel connection) T_{op}	-40°C...+80°C	-40°C...+80°C
Operating temperature range (series connection) T_{us}	-40°C...+60°C	-40°C...+60°C
Operating state/fault indication	green / red	green / red
Cross-sectional area (N, PE, +) min.	10 mm ² solid/flexible	10 mm ² solid/flexible
Cross-sectional area (N, PE) max.	50 mm ² stranded/35 mm ² flexible	50 mm ² stranded/35 mm ² flexible
Cross-sectional area (+) max.	35 mm ² stranded/25 mm ² flexible	35 mm ² stranded/25 mm ² flexible
For mounting on	35 mm DIN rail acc. to EN 60715	35 mm DIN rail acc. to EN 60715
Enclosure material	thermoplastic, red, UL 94 V-0	thermoplastic, red, UL 94 V-0
Degree of protection	IP 20	IP 20
Capacity	2 mods., DIN 43880	2 mods., DIN 43880
Approvals, Certifications	VDE, KEMA	VDE, KEMA
Type of remote signalling contact	—	changeover contact
Switching capacity a.c.	—	250 V/0.5 A
Switching capacity d.c.	—	250 V/0.1 A; 125 V/0.2 A; 75 V/0.5 A
Cross-sectional area for remote signalling terminals	—	max. 1.5 mm ² solid/flexible
Ordering information		
Type	DGP M 255	DGP M 255 FM
Part No.	961 101	961 105
Packing unit	1 pc(s).	1 pc(s).

Accessory Part for DEHNgap

DGP M – 100 kA N-PE spark-gap-based protection module

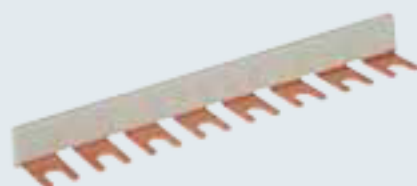


DGP M MOD 255: 100 kA N-PE spark-gap-based protection module for use with all modular DEHNgap M devices

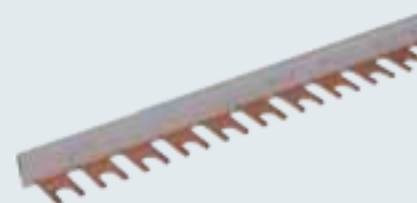
Type	PU pc(s).	Part No.
DGP M MOD 255	1	961 010

Busbars / Modular Wiring System**POWER SUPPLY SYSTEMS****ACCESSORIES****MVS 7-pole, single-phase**

MVS 1 7	
Single-phase unit	✓
Number of contact studs	7
Max. installation width	7 mods.
Nominal cross section	16 mm ²
Ordering information	
Type	MVS 1 7
Part No.	900 848
Packing unit	1 pc(s).

MVS 8-pole, single-phase

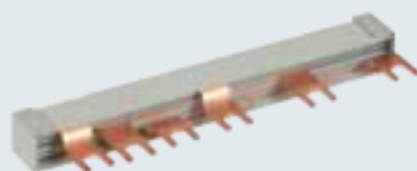
MVS 1 8	
Single-phase unit	✓
Number of contact studs	8
Max. installation width	8 mods.
Nominal cross section	16 mm ²
Ordering information	
Type	MVS 1 8
Part No.	900 611
Packing unit	1 pc(s).

MVS 57-pole, single-phase

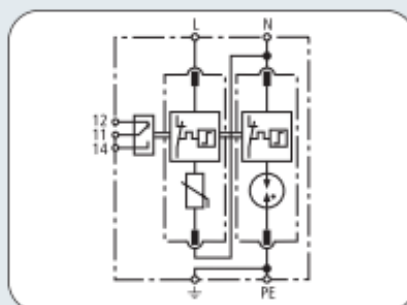
MVS 1 57	
Single-phase unit	✓
Number of contact studs	57
Max. installation width	57 mods.
Nominal cross section	16 mm ²
Ordering information	
Type	MVS 1 57
Part No.	900 612
Packing unit	1 pc(s).

MVS 6-pole, three-phase

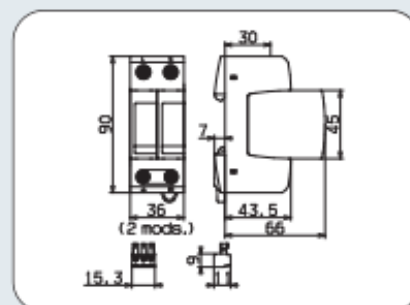
MVS 3 6	
Three-phase unit	✓
Number of contact studs	6
Max. installation width	6 mods.
Nominal cross section	16 mm ²
Ordering information	
Type	MVS 3 6
Part No.	900 595
Packing unit	1 pc(s).

MVS 6-pole, three-phase

MVS 3 6 8	
Three-phase unit	✓
Number of contact studs	6
Max. installation width	8 mods.
Nominal cross section	16 mm ²
Ordering information	
Type	MVS 3 6 8
Part No.	900 813
Packing unit	1 pc(s).

DEHNguard® modular**DEHNguard M TT 2P ... FM****POWER SUPPLY SYSTEMS**
SURGE ARRESTERS – TYPE 2

Basic circuit diagram DG M TT 2P ... FM



Dimension drawing DG M TT 2P ... FM

DG M TT 2P ... FM: Modular surge arrester for single-phase TT and TN systems ("1+1" circuit); with floating remote signalling contact

	DG M TT 2P 275 FM	DG M TT 2P 320 FM	DG M TT 2P 385 FM
SPD according to EN 61643-11 / ... IEC 61643-1	Type 2 / Class II	Type 2 / Class II	Type 2 / Class II
Nominal a.c. voltage U_N	230 V	230 V	230 V
Max. continuous operating a.c. voltage [L-N] U_C	275 V	320 V	385 V
Max. continuous operating a.c. voltage [N-PE] U_C	255 V	255 V	255 V
Nominal discharge current (8/20 μ s) I_n	20 kA	20 kA	20 kA
Max. discharge current (8/20 μ s) I_{max}	40 kA	40 kA	40 kA
Lightning impulse current (10/350 μ s) [N-PE] I_{imp}	12 kA	12 kA	12 kA
Voltage protection level [L-N] U_P	≤ 1.25 kV	≤ 1.5 kV	≤ 1.75 kV
Voltage protection level [L-N] at 5 kA U_P	≤ 1 kV	≤ 1.2 kV	≤ 1.35 kV
Voltage protection level [N-PE] U_P	≤ 1.5 kV	≤ 1.5 kV	≤ 1.5 kV
Follow current extinguishing capability [N-PE] I_{fi}	100 A _{res}	100 A _{res}	100 A _{res}
Response time [L-N] t_A	≤ 25 ns	≤ 25 ns	≤ 25 ns
Response time [N-PE] t_A	≤ 100 ns	≤ 100 ns	≤ 100 ns
Max. mains-side overcurrent protection	125 A gL/gG	125 A gL/gG	125 A gL/gG
Short-circuit withstand capability for max. mains-side overcurrent protection	50 kA _{res}	25 kA _{res}	25 kA _{res}
Temporary overvoltage (TOV) [L-N] U_T	335 V / 5 sec.	335 V / 5 sec.	385 V / 5 sec.
Temporary overvoltage (TOV) [N-PE] U_T	1200 V / 200 ms	1200 V / 200 ms	1200 V / 200 ms
TOV characteristics	withstand	withstand	withstand
Operating temperature range T_U	-40°C...+80°C	-40°C...+80°C	-40°C...+80°C
Operating state/fault indication	green / red	green / red	green / red
Cross-sectional area (min.)	1.5 mm ² solid/flexible	1.5 mm ² solid/flexible	1.5 mm ² solid/flexible
Cross-sectional area (max.)	35 mm ² stranded/25 mm ² flexible	35 mm ² stranded/25 mm ² flexible	35 mm ² stranded/25 mm ² flexible
For mounting on	35 mm DIN rail acc. to EN 60715	35 mm DIN rail acc. to EN 60715	35 mm DIN rail acc. to EN 60715
Enclosure material	thermoplastic, red, UL 94 V-0	thermoplastic, red, UL 94 V-0	thermoplastic, red, UL 94 V-0
Degree of protection	IP 20	IP 20	IP 20
Capacity	2 mods., DIN 43880	2 mods., DIN 43880	2 mods., DIN 43880
Approvals, Certifications	KEMA, VDE, UL, VdS	KEMA	KEMA
Type of remote signalling contact	changeover contact	changeover contact	changeover contact
Switching capacity a.c.	250 V/0.5 A	250 V/0.5 A	250 V/0.5 A
Switching capacity d.c.	250 V/0.1 A; 125 V/0.2 A; 75 V/0.5 A	250 V/0.1 A; 125 V/0.2 A; 75 V/0.5 A	250 V/0.1 A; 125 V/0.2 A; 75 V/0.5 A
Cross-sectional area for remote signalling terminals	max. 1.5 mm ² solid/flexible	max. 1.5 mm ² solid/flexible	max. 1.5 mm ² solid/flexible

Ordering information

Type	DG M TT 2P 275 FM	DG M TT 2P 320 FM	DG M TT 2P 385 FM
Part No.	952 115	NEW 952 135	NEW 952 116
Packing unit	1 pc(s).	1 pc(s).	1 pc(s).

Accessory Part for DEHNguard® modular**Varistor-based protection module**

DG MOD ...: Varistor-based protection module for DEHNguard M ... and DEHNguard S ... surge arresters



Typ	VPE	Art.-Nr.
DG MOD 275	1	952 010
DG MOD 320	1	952 013
DG MOD 385	1	952 014

Accessory Part for DEHNguard® modular**N-PE spark-gap-based protection module for DEHNguard M TT ...**

DG MOD NPE: N-PE spark-gap-based protection module for two- and four-pole DEHNguard DG M TT ... surge arresters



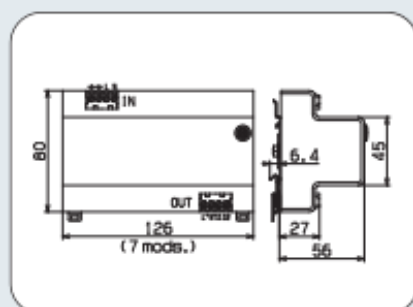
Type	PU pc(s).	Part No.
DG MOD NPE	1	952 050

POWER SUPPLY SYSTEMS

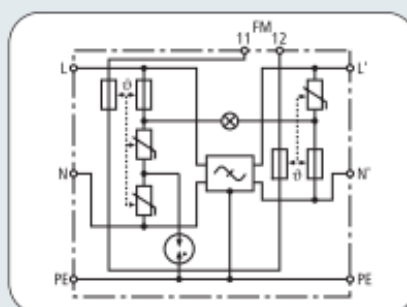
SURGE ARRESTERS – TYPE 3

SPS Protector

SPS Protector



Dimension drawing SPS PRO



Basic circuit diagram SPS PRO

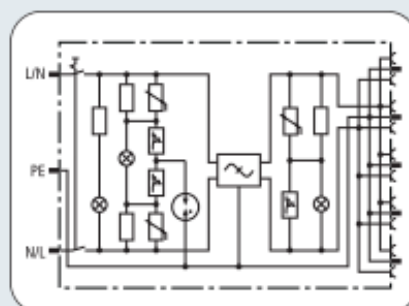


SPS PRO: Surge arrester with interference suppressor filter

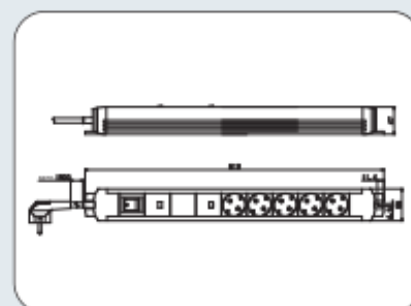
SPS PRO	
SPD according to EN 61643-11	Type 3
SPD according to IEC 61643-1	Class III
Nominal a.c. voltage U_N	230 V
Max. continuous operating a.c. voltage U_C	255 V
Nominal load current a.c. I_L	3 A
Nominal discharge current (8/20 μ s) I_n	3 kA
Total discharge current (8/20 μ s) [L+N-PE] I_{total}	5 kA
Combined impulse U_{OC}	6 kV
Combined impulse [L+N-PE] $U_{OC total}$	10 kV
Voltage protection level [L-N] U_P	≤ 0.8 kV
Voltage protection level [L/N-PE] U_P	≤ 1.0 kV
Response time [L-N] t_A	≤ 25 ns
Response time [L/N-PE] t_A	≤ 100 ns
Short-circuit withstand capability for max. mains-side overcurrent protection	6 kA _{rms}
Fault indication	green light off
Operating state indication	green light
Operating temperature range T_U	-10°C...+40°C
Cross-sectional area (min.)	0.14 mm ² solid/stranded/flexible
Cross-sectional area (max.)	2.5 mm ² solid/stranded/flexible
For mounting on	35 mm DIN rail acc. to EN 60715
Enclosure material	aluminium, red powder coating
Degree of protection	IP 20
Capacity	7 mods., DIN 43880
Type of remote signalling contact	break contact
Switching capacity a.c.	250 V/0.5 A
Switching capacity d.c.	250 V/0.1 A; 125 V/0.2 A; 75 V/0.5 A
Cross-sectional area for remote signalling terminals	max. 1.5 mm ² solid/flexible
Mains filter	acc. to DIN VDE 0565 Part 3
Attenuation for $f = 1$ MHz, balanced	≥ 73 dB
Attenuation for $f = 1$ MHz, unbalanced	≥ 45 dB
Ordering information	
Type	SPS PRO
Part No.	912 253
Packing unit	1 pc(s).

SFL Protector

SFL PRO

POWER SUPPLY SYSTEMS
SURGE ARRESTERS – TYPE 3

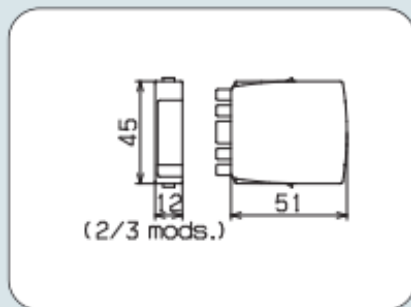
Basic circuit diagram SFL PRO



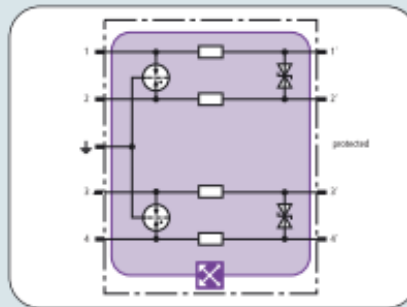
Dimension drawing SFL PRO

SFL PRO: Surge protective multiple socket outlet with mains filter

	SFL PRO	SFL PRO SE
SPD according to EN 61643-11	Type 3	Type 3
SPD according to IEC 61643-1	Class III	Class III
Nominal a.c. voltage U_N	230 V	230 V
Max. continuous operating a.c. voltage U_C	255 V	255 V
Nominal load current a.c. I_N	16 A	16 A
Nominal discharge current (8/20 μ s) I_n	3 kA	3 kA
Total discharge current (8/20 μ s) [L+N-PE] I_{total}	5 kA	5 kA
Combined impulse U_{OC}	6 kV	6 kV
Combined impulse [L+N-PE] $U_{OC total}$	10 kV	10 kV
Voltage protection level U_P	≤ 1.5 kV	≤ 1.5 kV
Response time [L-N] t_A	≤ 25 ns	≤ 25 ns
Response time [L/N-PE] t_A	≤ 100 ns	≤ 100 ns
Max. mains-side overcurrent protection	16 A gL/gG or B 16 A	16 A gL/gG or B 16 A
Short-circuit withstand capability for mains-side overcurrent protection with 16 A gL/gG	1.5 kA _{rms}	1.5 kA _{rms}
Temporary overvoltage (TOV) [L-N] U_T	335 V / 5 sec.	335 V / 5 sec.
Temporary overvoltage (TOV) [L/N-PE] U_T	400 V / 5 sec.	400 V / 5 sec.
Temporary overvoltage (TOV) [L+N-PE] U_T	1200 V + U_0 / 200 ms	1200 V + U_0 / 200 ms
Fault indication	red light	red light
Operating state indication	green light	green light
Operating temperature range T_U	-25°C...+40°C	-25°C...+40°C
Connecting cable	length: 200 cm	length: 200 cm
Number of socket outlets	5	5
For mounting on	plug-in system with earth contact according to DIN 49440 / DIN 49441	centre earthing contact system according to CEE 7, standard sheet V
Enclosure material	black/anthracite thermoplastic, UL 94 V-2	black/anthracite thermoplastic, UL 94 V-2
Degree of protection	IP 20	IP 20
Dimension	513 x 55 x 47 mm	513 x 55 x 47 mm
Mains filter	according to DIN VDE 0565 Part 3	according to DIN VDE 0565 Part 3
Attenuation for $f = 1$ MHz, balanced	≥ 54 dB	≥ 54 dB
Attenuation for $f = 1$ MHz, unbalanced	≥ 42 dB	≥ 42 dB
Ordering information		
Type	SFL PRO	SFL PRO
Part No.	912 260	912 261
Packing unit	1 pc(s).	1 pc(s).



Dimension drawing BXT ML4 BD



If LifeCheck detects thermal and electrical overload, the SPD has to be replaced. This status is indicated contactlessly by the DEHNrecord LC reader.



- LifeCheck SPD monitoring function
- Optimal protection of 2 single pairs
- For installation in conformity with the lightning protection zones concept at the boundaries from 0_A – 2 and higher

Space-saving combined lightning current and surge arrester module with LifeCheck monitoring function for protecting 2 pairs of balanced interfaces which are galvanically isolated.

BXT ML4 ...	BD 5	BD 12	BD 24	BD 48	BD 60	BD 180
SPD class	TYPE 1 P1	TYPE 1 P1	TYPE 1 P1	TYPE 1 P1	TYPE 1 P1	TYPE 1 P2
SPD monitoring system	LifeCheck	LifeCheck	LifeCheck	LifeCheck	LifeCheck	LifeCheck
Nominal voltage U _N	5 V	12 V	24 V	48 V	60 V	180 V
Max. continuous operating d.c. voltage U _C	6.0 V	15 V	33 V	54 V	70 V	180 V
Max. continuous operating a.c. voltage U _C	4.2 V	10.6 V	23.3 V	38.1 V	49.5 V	127 V
Nominal current at 45°C I _N	1.0 A	1.0 A	1.0 A	1.0 A	1.0 A	0.75 A
D1 Total lightning impulse current (10/350 µs) I _{imp}	10 kA	10 kA	10 kA	10 kA	10 kA	10 kA
D1 Lightning impulse current (10/350 µs) per line I _{imp}	2.5 kA	2.5 kA	2.5 kA	2.5 kA	2.5 kA	2.5 kA
C2 Total nominal discharge current (8/20 µs) I _n	20 kA	20 kA	20 kA	20 kA	20 kA	20 kA
C2 Nominal discharge current (8/20 µs) per line I _n	10 kA	10 kA	10 kA	10 kA	10 kA	10 kA
Voltage protection level line-line for I _{imp} D1 U _p	≤ 25 V	≤ 26 V	≤ 52 V	≤ 80 V	≤ 110 V	≤ 270 V
Voltage protection level line-PG for I _{imp} D1 U _p	≤ 550 V	≤ 550 V	≤ 550 V	≤ 550 V	≤ 550 V	≤ 550 V
Voltage protection level line-line at 1 kV/µs C3 U _p	≤ 9 V	≤ 19 V	≤ 45 V	≤ 70 V	≤ 90 V	≤ 250 V
Voltage protection level line-PG at 1 kV/µs C3 U _p	≤ 550 V	≤ 550 V	≤ 550 V	≤ 550 V	≤ 550 V	≤ 550 V
Series impedance per line	1.0 ohm(s)	1.0 ohm(s)	1.0 ohm(s)	1.0 ohm(s)	1.0 ohm(s)	1.8 ohm(s)
Cut-off frequency line-line f _G	1.0 MHz	2.8 MHz	7.8 MHz	8.7 MHz	11.0 MHz	25.0 MHz
Capacitance line-line C	≤ 5.4 nF	≤ 2.0 nF	≤ 1.0 nF	≤ 0.7 nF	≤ 500 pF	≤ 240 pF
Capacitance line-PG C	≤ 16 pF	≤ 16 pF	≤ 16 pF	≤ 16 pF	≤ 16 pF	≤ 16 pF
Operating temperature range	-40°C...+80°C	-40°C...+80°C	-40°C...+80°C	-40°C...+80°C	-40°C...+80°C	-40°C...+80°C
Test standards	IEC 61643-21, UL 497B	IEC 61643-21, UL 497B	IEC 61643-21, UL 497B	IEC 61643-21, UL 497B	IEC 61643-21, UL 497B	IEC 61643-21, UL 497B
SIL classification	SIL2 / SIL3 for more details see: www.dehn.de/en/sil					
Ex certifications	ATEX: KEMA 09ATEX0114 X: II 3 G Ex nA II T4 IECEx KEM 09.0053X: Ex nA II T4 Gc					
Approvals, Certifications	CSA, VdS, UL, GOST	CSA, VdS, UL, GOST	CSA, VdS, UL, GOST	CSA, VdS, UL, GOST	CSA, VdS, UL, GOST	CSA, VdS, UL, GOST

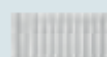
Ordering information						
Type	BXT ML4 BD 5	BXT ML4 BD 12	BXT ML4 BD 24	BXT ML4 BD 48	BXT ML4 BD 60	BXT ML4 BD 180
Part No.	920 340	920 342	920 344	920 345	920 346	920 347
Packing unit	1 pc(s).	1 pc(s).	1 pc(s).	1 pc(s).	1 pc(s).	1 pc(s).

Accessory Part for BLITZDUCTOR® XT LifeCheck® Module

Marking system BA1-BA15

2 x 165 adhesive labels for labelling DRC MCM XT monitoring devices with their bus addresses.

Type	PU pc(s).	Part No.
BS BA1 BA15 BXT	1	920 398



Accessory Part for BLITZDUCTOR® XT LifeCheck® Module

Earthing module

For direct earthing of lines connected to the BLITZDUCTOR XT base part.

Type	PU pc(s).	Part No.
BXT M4 E	1	920 308



Accessory Part for BLITZDUCTOR® XT LifeCheck® Module

Test / Disconnection Module

Module for testing lines, to be plugged into the BLITZDUCTOR XT base part.

Type	PU pc(s).	Part No.
BXT M4 T	1	920 309



For further technical details about "Accessories for BLITZDUCTOR XT LifeCheck modules" please also refer to pages 186/202/203/204/360/362.

Anexo X - Orçamento de implementação das alterações sugeridas para o sistema SPST instalado

Todas as informações apresentadas neste documento foram solícitas à ISO-SIGMA ENERGIA E GESTÃO, LDA em 18 de Junho de 2012.

Orçamento de implementação das alterações sugeridas para o sistema SPST instalado

TABELA I

Fabricante	Modelo	Referência	Preço Unitário	Quantidade	Preço Total
DEHN+SÖHNE	DEHNbloc M 1 255	961 120	246,10 €	3	738,30 €
	DEHNgap M 255	961 101	253,70 €	1	253,70 €
	Shunt	900 611	4,40 €	1	4,40 €
	DG M TT 275	952 310	216,40 €	6	1.298,40 €
	SPS PRO	912 253	305,50 €	5	1.527,50 €
	BXT ML4 BD180	920 347	185,10 €	1	185,10 €
	BXT BAS	920 300	38,20 €	1	38,20 €
	SFL PRO	912 260	179,70 €	3	539,10 €
Total					4.584,70 €

Comentários:

- Preço ilíquidos - descontos não incluídos;
- IVA (à taxa legal em vigor) - não incluído;
- Mão-de-obra não incluída.

Considerações Técnicas:

- Para realizar a montagem dos equipamentos, é necessário verificar se o espaço dentro dos quadros onde vão ser instalados é suficiente (caso contrario os valores poderão ser alterados);
- A montagem dos DST's implica o corte da alimentação no quadro, pelo que a instalação nele dependurada, estará parada durante cerca de 1 hora. No QGBT poderá ser mais tempo e toda a instalação estará parada (pode eventualmente implicar a execução do trabalho ao fim de semana ou à noite).

