

# INSTALAÇÕES ELÉCTRICAS

## Guia de coordenação de isolamento

Regras de execução e de montagem

---

**Elaboração:**

**Homologação:** conforme despacho do CA de 2008-02-19

**Edição:** 1ª

---

**Emissão:** EDP Distribuição – Energia, S.A.  
DTI – Direcção de Tecnologia e Inovação  
R. Camilo Castelo Branco, 43 • 1050-044 LISBOA • Tel.: 210021500 • Fax: 210021444  
E-mail: dti@edp.pt

**Divulgação:** EDP Distribuição – Energia, S.A.  
GBCO – Gabinete de Comunicação  
Rua Camilo Castelo Branco, 43 • 1050-044 Lisboa • Tel.: 210021684 • Fax: 210021635

**ÍNDICE**

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>4</b>
<b>2</b>	<b>SÍMBOLOS E ABREVIATURAS</b> .....	<b>6</b>
<b>3</b>	<b>FILOSOFIA DE COORDENAÇÃO DE ISOLAMENTO</b> .....	<b>7</b>
3.1	Princípios gerais .....	7
3.2	Premissas.....	8
3.2.1	Protecção contra descargas atmosféricas .....	8
3.2.2	Poluição .....	9
3.3	Factores de coordenação e de segurança.....	10
3.4	Níveis de isolamento normalizados na EDP Distribuição .....	10
3.5	Protecção contra sobretensões.....	12
3.5.1	Hastes de guarda (reguláveis e fixas) .....	12
3.5.2	Descarregadores de sobretensões de carboneto de silício .....	13
3.5.3	Descarregadores de sobretensões de óxido de zinco .....	13
<b>4</b>	<b>APLICAÇÃO E INSTALAÇÃO DE DESCARREGADORES DE SOBRETENSÕES</b> .....	<b>16</b>
4.1	Introdução .....	16
4.2	Características dos descarregadores de sobretensões.....	16
4.3	Distância de protecção dos descarregadores de sobretensões .....	18
4.4	Distâncias de isolamento.....	19
4.4.1	Distância de isolamento fase-terra.....	19
4.4.2	Distância de isolamento fase-fase .....	20
4.4.3	Distâncias de isolamento a outros equipamentos AT na mesma fase.....	20
4.5	Dispositivos de alívio de pressão dos descarregadores .....	20
4.6	Ligação dos descarregadores à rede .....	21
4.7	Indicadores de defeito e monitorização das condições de funcionamento .....	23
4.7.1	Descarregadores de subestação .....	23
4.7.2	Descarregadores de distribuição .....	24
4.7.3	Descarregadores de carboneto de silício .....	27
<b>5</b>	<b>APLICAÇÃO DE HASTES DE GUARDA</b> .....	<b>28</b>
5.1	Prática geral na EDP Distribuição.....	28
5.2	Remoção de hastes de guarda.....	28
5.3	Situações onde as hastes de guarda são necessárias .....	29
<b>6</b>	<b>COORDENAÇÃO DE ISOLAMENTO À FREQUÊNCIA INDUSTRIAL</b> .....	<b>30</b>
6.1	Identificação de problemas de poluição .....	30
6.2	Materiais isolantes .....	31
<b>7</b>	<b>COORDENAÇÃO DE ISOLAMENTO EM LINHAS ELÉCTRICAS AÉREAS</b> .....	<b>35</b>
7.1	Filosofia .....	35
7.2	Estruturas Normalizadas .....	37
7.3	Protecção contra sobretensões de equipamento de linha .....	39
<b>8</b>	<b>COORDENAÇÃO DE ISOLAMENTO EM POSTOS DE TRANSFORMAÇÃO MT/BT</b> .....	<b>40</b>
8.1	Postos de Transformação Aéreos.....	41
8.1.1	Descrição do sistema.....	41
8.1.2	Terra única "versus" terras distintas.....	42
8.1.3	Implementação na rede da EDP Distribuição.....	43



---

8.2	Posto de Transformação de Cabina Baixa .....	45
8.2.1	Descrição do sistema.....	45
8.2.2	Implementação na rede da EDP Distribuição.....	46
8.3	Posto de Transformação de Cabina Alta.....	47
8.3.1	Descrição do sistema.....	47
8.3.2	Implementação na rede da EDP Distribuição.....	48
<b>9</b>	<b>COORDENAÇÃO DE ISOLAMENTO EM SUBESTAÇÕES AT/MT .....</b>	<b>51</b>
9.1	Descrição do sistema.....	51
9.2	Implementação na rede da EDP Distribuição.....	52
9.2.1	Chegada em linha aérea AT.....	52
9.2.2	Chegada em cabo subterrâneo AT .....	53
9.2.3	Saída em linha aérea MT .....	53
9.2.4	Saída em cabo subterrâneo MT .....	53
9.2.5	Protecção do Transformador .....	54
9.2.6	Cabos isolados MT na subestação .....	55
	<b>BIBLIOGRAFIA.....</b>	<b>56</b>
	<b>ANEXO A – CARACTERÍSTICAS CLIMÁTICAS EM PORTUGAL CONTINENTAL (LISBOA).....</b>	<b>59</b>
	<b>ANEXO B – NIVEIS DE POLUIÇÃO DEFINIDOS NA NORMA IEC 60815.....</b>	<b>61</b>
	<b>ANEXO C – PROJECTO DA REDE DE TERRAS CONFORME O HD 637 S1 .....</b>	<b>62</b>
	<b>ANEXO D – TAXA DE AVARIAS DE PT DE CABINA BAIXA VS. COMPRIMENTO DE CABO .....</b>	<b>65</b>
	<b>ANEXO E – INSTALAÇÃO DE DESCARREGADORES EM PT DE CABINA ALTA.....</b>	<b>67</b>
	<b>ANEXO F – SOLUÇÕES PARA PT DE CABINA ALTA .....</b>	<b>68</b>
	<b>ANEXO G – MÉTODOS PARA DETERMINAÇÃO DO NÍVEL DE CONTAMINAÇÃO .....</b>	<b>69</b>
	<b>ANEXO H – ESTRUTURAS NORMALIZADAS PARA DERIVAÇÕES DE REDE.....</b>	<b>70</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A EDP Distribuição tem como objectivo melhorar a Qualidade de Serviço através de uma redução do tempo de interrupção de abastecimento de energia eléctrica aos seus clientes. Verificou-se que um número significativo de interrupções está directamente relacionado com descargas atmosféricas, provocando uma indisponibilidade momentânea ou permanente devido a avarias de equipamentos, entre os quais os isoladores rígidos e descarregadores de sobretensões de carboneto de silício. Assim, a EDP Distribuição lançou um programa tendo em vista a revisão da filosofia de coordenação de isolamento e a sua implementação na rede.

Foram realizados vários estudos com o objectivo de estabelecer uma filosofia de coordenação de isolamento e propor soluções para proteger a rede e o equipamento contra os vários tipos de sobretensões. Destes estudos resultou uma série de relatórios, ver Tabela 1-1, sobre os mais diversos aspectos de protecção contra sobretensões na rede da EDP Distribuição.

Estes trabalhos foram desenvolvidos no âmbito do PMQST - Programa de Melhoria da Qualidade de Serviço Técnico, Projecto 7.2 - Coordenação de Isolamento, em conjunto, pela KEMA, LABELEC e EDP Distribuição.

Neste documento, os resultados dos diferentes estudos estão resumidos na forma de um guia prático de coordenação de isolamentos que apresenta a filosofia, situações típicas e práticas recomendadas.

As secções 1 e 2 contêm a introdução e os termos e definições utilizados neste guia. A aplicação e o guia de instalação para descarregadores de sobretensões e hastes de guarda são apresentados nas secções 4 e 5. A secção 6 apresenta uma visão geral dos materiais isolantes que podem ser utilizados nas diversas aplicações na rede da EDP Distribuição. A secção 7 apresenta a filosofia da coordenação de isolamento e as novas estruturas normalizadas dos apoios de derivação de linhas aéreas de Média Tensão. A coordenação de isolamento para os postos de transformação aéreos, de cabina alta e cabina baixa é mencionada na secção 8 enquanto as subestações AT/MT são tratadas na secção 9.

Tabela 1-1 – Estudos elaborados no âmbito do projecto de coordenação de isolamentos

N.º	Estudo	Relatório	Título
1	Coordenação de isolamento de linhas aéreas de MT / Revisão da ligação por arcos	EDP; PMQST subprojecto 7.2	Programa para a melhoria da qualidade de serviço técnico Projecto 7: Sistemas de protecção e coordenação de isolamento [14] "Normalização da ligação por arcos"
2	Estudo de Sobretensões Incidentes		
	Postos de Transformação Aéreos	LABELEC; RL 07/07	Protecção do Lado BT do PT Aéreo Face a Descargas Atmosféricas na Linha MT [23]
	Postos de Transformação de Cabina Alta	LABELEC; RL 05/15	Distâncias de Instalação de DS em PT de Cabina Alta [15]
		LABELEC	Adicional ao RL 05/15 ED da LABELEC: Configuração para a instalação de DS no interior dos edifícios do PT de cabina alta [24]
	Postos de Transformação de Cabina Baixa	LABELEC; RL 07/05	Comprimentos Máximos de Cabo Entre Transições Aéreo-Subterrâneas e PT de Cabina Baixa: Relatório de Fecho [16]
3	Protecção de Transformadores	EDP; Carta 5/07 DNT Carta 6/07 DNT Carta 7/07 DNT	Carta aos fabricantes ABB, Siemens e Efacec questionando a necessidade de as travessias dos transformadores estarem equipadas com hastes de guarda
4	Estudo de travessias em resina epóxi	KEMA; 40630015- Consulting 07- 0263 Draft	Revestimento de borracha de silicone vulcanizada (RTV) para melhorar o desempenho de isoladores e travessias – Comparação de três tipos de revestimentos [17]
5	Coordenação de isolamento no lado BT dos PT aéreos	Ver estudo 2: LABELEC RL 07/07 - ED	
6	Elaboração e concepção de arcos		
	Revisão dos arcos de Ligação	Ver estudo 1: relatório EDP	
7	Protecção contra sobretensões de transformadores AT/MT		
	Protecção do lado AT das subestações AT/MT	LABELEC; RL 07/02 - ED	Coordenação de isolamento no lado AT das Subestações: Substituição das hastes de guarda reguláveis por descarregadores de sobretensões [25]
	Protecção do lado MT das subestações AT/MT	LABELEC; RL 07/03 - ED	Protecção contra sobretensões no Lado MT das Subestações [26]

## 2 SÍMBOLOS E ABREVIATURAS

No presente guia são utilizados diversos símbolos e abreviaturas, os quais são apresentados na Tabela 2-1. Os termos utilizados neste documento estão de acordo com as definições da Comissão Electrotécnica Internacional (CEI) [11].

Tabela 2-1 – Símbolos e abreviaturas

Símbolo	Unidade	Abreviatura
BFR	-	Taxa de contornamento inverso
c	(m/μs)	Velocidade da luz
d	(m)	Comprimento do condutor de fase entre o descarregador de sobretensões e o equipamento a proteger
d <sub>1</sub>	(m)	Comprimento do condutor de ligação entre o descarregador de sobretensões e a linha
d <sub>2</sub>	(m)	Comprimento do condutor de ligação entre o descarregador de sobretensões e a terra
d <sub>A</sub>	(m)	Comprimento do descarregador
EPDM		Etileno Propileno Dieno (material de isolamento)
ESDD	(mg/cm <sup>2</sup> )	Equivalent Salt Deposit Density
I <sub>c</sub>	(A)	Corrente em regime permanente
I <sub>n</sub>	(A)	Corrente nominal de descarga
k	-	Factor de defeito à terra
K <sub>s</sub>	(pu)	Factor de segurança
LIWV	(kV)	Tensão suportável (normalizada) ao choque atmosférico
L <sub>p</sub>	(m)	Distância de protecção de um descarregador. Distância máxima de separação entre o descarregador de sobretensões e o equipamento a proteger (L <sub>p</sub> =d+d <sub>1</sub> +d <sub>A</sub> +d <sub>2</sub> )
NSDD	(mg/cm <sup>2</sup> )	NonSoluble Deposit Density
u	(m/μs)	Velocidade de propagação da onda incidente
PEN	-	Condutor de terra que combina as funções de condutor de protecção e condutor de neutro numa rede BT
RTV	-	Borracha de silicone vulcanizada
S	(kV/μs)	Escarpamento da onda de choque atmosférico incidente numa subestação
SiC	-	Carboneto de Silício
SiR	-	Borracha de Silicone (material de isolamento)
T	(μs)	Tempo de propagação de uma onda de choque atmosférico
TOV	(kV)	Sobretensão temporária
U	(kV)	Amplitude de uma sobretensão (ou de uma tensão)
U <sub>50</sub>	(kV)	Tensão de 50% de contornamento ao choque atmosférico
U <sub>c</sub>	(kV)	Tensão em regime permanente
U <sub>cw</sub>	(kV)	Tensão suportável de coordenação
U <sub>m</sub>	(kV)	Tensão mais elevada para o equipamento
U <sub>n</sub>	(kV)	Tensão nominal da rede
U <sub>r</sub>	(kV)	Tensão estipulada
U <sub>res</sub>	(kV)	Tensão residual do descarregador
U <sub>rw</sub>	(kV)	Tensão suportável especificada do equipamento
U <sub>s</sub>	(kV)	Tensão mais elevada da rede
U <sub>w</sub>	(kV)	Tensão suportável normalizada
ZnO	-	Óxido de Zinco

### 3 FILOSOFIA DE COORDENAÇÃO DE ISOLAMENTO

#### 3.1 Princípios gerais

A coordenação de isolamento numa rede eléctrica é o processo que permite seleccionar a rigidez dieléctrica dos equipamentos em função das solicitações expectáveis durante o seu tempo de vida útil. Em princípio este processo compreende os seguintes passos:

1. Definição de um desempenho aceitável;
2. Caracterização das sobretensões e das solicitações ambientais;
3. Selecção dos níveis de isolamento;
4. Avaliação do desempenho;
5. Aplicação de medidas de protecção contra sobretensões, se necessário;
6. Verificação das características do isolamento.

Numa rede eléctrica de transporte ou distribuição, o isolamento de um determinado equipamento é exposto às mais variadas solicitações dieléctricas e ambientais, classificando-as de acordo com a sua duração temporal. De acordo com a prática da CEI, definem-se os seguintes tipos:

- Tensões em regime permanente à frequência industrial - Normalmente a tensão da rede tem uma variação de cerca de 10% em torno da tensão nominal do sistema,  $U_n$ . Do ponto de vista da coordenação de isolamento, uma rede eléctrica é caracterizada pela sua tensão mais elevada,  $U_s$ . Esta tensão é suportada pelo isolamento da rede em condições ambientais normais. Face a condições ambientais adversas o desempenho do isolamento poderá ser influenciado negativamente pelo depósito de poluição salina na superfície externa do isolamento;
- Sobretensão temporária - Os defeitos ou manobras de abertura e fecho de disjuntores ou outros órgãos de manobra, poderão dar origem ao aparecimento de uma elevação na tensão à frequência industrial. A duração destas sobretensões poderá ir desde os 20 ms até cerca de uma hora. A amplitude das sobretensões temporárias na rede é determinada através da filosofia de ligação do neutro à terra ou a existência de condições ressonantes. Uma sobretensão temporária excessiva é normalmente evitada através da parametrização das restrições operacionais;
- Sobretensões transitórias de frente lenta - As sobretensões transitórias de frente lenta são normalmente associadas a transitórios resultantes de manobras de ligação. O tempo de subida (i.e. tempo de pico) destas sobretensões é compreendido entre os 20 e 5000  $\mu$ s. Uma descarga atmosférica poderá também induzir uma sobretensão transitória de frente lenta quando a descarga ocorre na vizinhança de uma linha aérea. As sobretensões transitórias de frente lenta poderão ser controladas através da aplicação de descarregadores de sobretensões ou outros dispositivos para a mitigação de transitórios de ligação;
- Sobretensões transitórias de frente rápida - As sobretensões transitórias de frente rápida têm origem em descargas atmosféricas. As frentes de onda deste tipo de sobretensões são muito curtas e podem variar entre os 0,1 e 20  $\mu$ s. As sobretensões de origem atmosférica são controladas através de blindagem, descarregadores de sobretensões e boas práticas na execução de ligações à terra.

Em sistemas de distribuição, o desempenho expectável face a descargas atmosféricas é o parâmetro principal que determina a selecção dos níveis de isolamento. As descargas atmosféricas afectam as redes eléctricas de distribuição de duas maneiras:

1. Descarga directa à linha aérea ou aos equipamentos da linha;
2. Sobretensões induzidas quando uma descarga atmosférica ocorre na vizinhança da linha.

Os níveis de isolamento estipulados para as linhas aéreas de distribuição são normalmente tão elevados que, quando a rede é solicitada face a sobretensões transitórias de manobra, estas não irão constituir qualquer risco para o isolamento da rede. O isolamento de uma rede eléctrica de distribuição, ou seja, linhas aéreas e todo o equipamento associado, deverá ser seleccionado de

modo a suportar todo o tipo de sobretensões incidentes ou pela utilização de dispositivos de protecção contra sobretensões. Em determinados locais, especialmente ao longo da costa, verificam-se elevados níveis de poluição salina que se deposita na superfície dos isoladores, resultando numa redução significativa da rigidez dieléctrica à frequência industrial, quando esta poluição é exposta à humidade.

O nível de isolamento é seleccionado tendo em conta as sobretensões incidentes e um desempenho aceitável. Poderão ser seleccionados vários níveis de isolamento dependendo da importância da instalação na rede da EDP Distribuição.

### 3.2 Premissas

As premissas presentes neste documento têm por base um número considerável de estudos realizados pela EDP Distribuição, LABELEC e KEMA. Nesta secção são apresentadas as premissas relativas ao meio ambiente de Portugal Continental, à taxa de avarias aceitável e níveis de tensão especificados.

#### 3.2.1 Protecção contra descargas atmosféricas

##### 3.2.1.1 Densidade de descargas atmosféricas

A densidade de descargas atmosféricas ao solo em Portugal Continental é similar a outros países europeus na costa atlântica e varia entre os 0,16 a 1,7 descargas/km<sup>2</sup>/ano. Estes valores baseiam-se no índice isoceráunico (nº de trovoadas por ano) em Portugal Continental apresentado na Figura 3-1. Para a realização dos estudos, considerou-se um índice de descargas ao solo de 0,9 descargas/km<sup>2</sup>/ano, tendo por base um nível isoceráunico de 12 dias de trovoadas por ano.

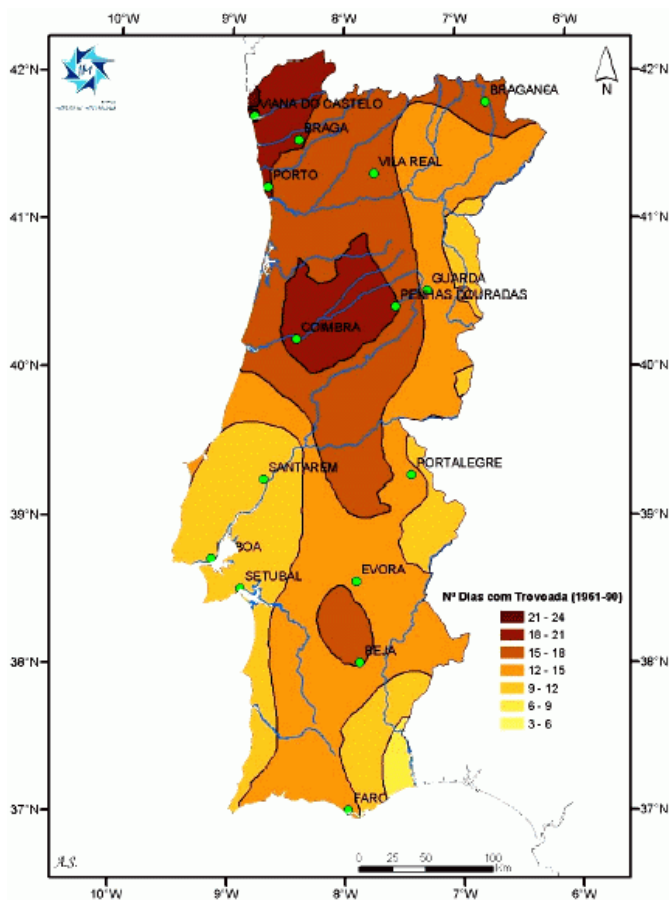


Figura 3-1 – Mapa isoceráunico de Portugal Continental

### 3.2.1.2 Taxas de Avaria

A taxa de avaria aceitável para os transformadores de postos de transformação aéreos e de cabina baixa, é de 1/1000 por ano, dado o grande número deste tipo de instalações na rede da EDP Distribuição. A taxa de avaria aceitável para os transformadores de postos de transformação de cabina alta é de 2/1000 por ano. Para mais informação sobre este tipo de instalações, consultar a secção 7.

O tempo médio entre avarias (MTBF – Mean Time Between Failure) para os transformadores AT/MT é de 105 anos; para os disjuntores de subestações AT/MT é de 70 anos.

### 3.2.1.3 Factor de blindagem para linhas aéreas de distribuição

As linhas aéreas de Média Tensão (MT) encontram-se por vezes blindadas das descargas atmosféricas através de edifícios, árvores ou até pela própria topografia do terreno. Isto significa que nem todas as descargas atmosféricas teoricamente calculadas (7.5/1000 por ano para o caso de uma linha aérea com 60 m de semi-vão e uma altura média de 15m) irão atingir directamente a linha aérea. Para o estudo dos postos de transformação de cabina baixa, ver secção 8.2, três níveis de blindagem foram considerados:

1. Sem factor de blindagem;
2. Factor de blindagem de 1/3;
3. Factor de blindagem de 2/3.

Em Portugal, grande parte das linhas aéreas de MT está estabelecida na proximidade de árvores e edifícios pelo que um factor de blindagem de 2/3 é apropriado. Este factor foi utilizado nos estudos realizados pela LABELLEC.

### 3.2.2 Poluição

O clima em Portugal Continental pode ser classificado como temperado seco. A Tabela 3-1 apresenta as características climáticas em Portugal Continental. No Anexo A pode ser encontrada informação mais detalhada.

**Tabela 3-1 – Características climáticas em Portugal Continental**

<b>Parâmetro climático</b>	<b>Valor Médio</b>	<b>Observações</b>
Temperatura	10°C < Temp < 25 °C	
Chuva	Junho-Julho-Agosto: todos juntos, menos de 30 mm de precipitação Nov-Dez-Jan: cada um mais de 90 mm de precipitação	
Humidade relativa	75% desde Outubro até ao final de Março	A humidade elevada provoca a erosão nos isoladores epóxidos.
Direcção do vento	Norte-Noroeste	A direcção e a velocidade do vento influenciam a severidade do local em termos de poluição
Velocidade do vento	4 m/s	

Em zonas junto à costa o nível de poluição varia entre o "forte" e o "muito forte", enquanto que nas zonas mais afastadas da costa o nível de poluição varia entre o "médio" e o "forte" de acordo com a classificação da CEI, apresentada no Anexo B e nas referências [33], [34]. O clima em Portugal Continental é caracterizado, por um período muito seco que permite a acumulação de poluição na superfície dos isoladores.

### 3.3 Factores de coordenação e de segurança

Para realizar estudos de coordenação de isolamentos, é necessário definir as solicitações dieléctricas, o nível de isolamento e os níveis de protecção dos dispositivos de controlo de sobretensões. Estes parâmetros são definidos neste documento da seguinte forma:

- Para a maioria dos estudos, a sobretensão expectável é determinada através de simulação digital, tomando-se o valor calculado mais elevado;
- O nível de isolamento é definido em termos de tensões suportáveis (à frequência industrial e ao choque atmosférico) tal como é definida na CEI [11];
- O nível de protecção dos descarregadores de sobretensões é determinado a partir da tensão máxima de descarga obtida para a onda de corrente 8/20  $\mu$ s, com uma amplitude de 10 kA. O valor de pico da onda de corrente ocorre cerca dos 8  $\mu$ s, sendo que após 20  $\mu$ s o valor de pico decai para 50%;
- Considera-se uma margem de segurança de 15% para o isolamento dos transformadores MT/BT; para os transformadores AT/MT considera-se uma margem de segurança de 20%; Assim considera-se que um transformador avaria quando:

$$U_{cw} \geq \frac{U_{rw}}{K_p}$$

onde

- $K_p = 1,15$  para os transformadores MT/BT;
- $K_p = 1,20$  para os transformadores AT/MT.

### 3.4 Níveis de isolamento normalizados na EDP Distribuição

Os níveis de isolamento especificados para o equipamento de subestações nas redes da EDP Distribuição são indicados em [11] e encontram-se descritos na Tabela 3-2. Os níveis de isolamento especificado para as linhas aéreas de AT e MT, são apresentadas na Tabela 3-3. O nível de isolamento para as linhas aéreas de MT foi seleccionado de modo a reduzir o número de disparos de linha devido sobretensões induzidas de origem atmosférica. As distâncias de isolamento mínimas e as linhas de fuga especificadas de acordo com a CEI são apresentadas na Tabela 3-4 à Tabela 3-6.

**Tabela 3-2 – Níveis de isolamento normalizados para os equipamentos da EDP Distribuição**

Tensão nominal, $U_n$ [kV eficaz]	Tensão mais elevada para o equipamento, $U_s$ [kV eficaz]	Tensão suportável à frequência industrial de curta duração [kV eficaz]	Tensão suportável ao choque atmosférico [kV pico]
60	72,5	140	325
30	36	70	170
15	17,5	38	95
10	12	28	75



Tabela 3-3 – Níveis de isolamento normalizados para as linhas aéreas da EDP Distribuição

Tensão nominal, $U_n$ [kV eficaz]	Tensão mais elevada para o equipamento, $U_s$ [kV eficaz]	Tensão suportável à frequência industrial, sob chuva [kV eficaz]	Tensão suportável ao choque atmosférico, a seco [kV pico]
60	72,5	140	325
30	36	70	250
15	17,5	38	250
10	12	28	250

Tabela 3-4 – Recomendações CEI para as distâncias de isolamento mínimas em subestações e postos de transformação [11]

Tensão nominal, $U_n$ [kV eficaz]	Tensão suportável ao choque atmosférico <sup>1)</sup> [kV pico]	Distância de isolamento mínima fase-terra e fase-fase [mm]
60	325	630
30	170	320
15	95	160
10	75	120

<sup>1)</sup> É assumido que as subestações são protegidas por descarregadores de sobretensões

Tabela 3-5 – Recomendações CEI para as distâncias de isolamento mínimas em linhas aéreas [11], [36]

Tensão nominal, $U_n$ [kV eficaz]	Tensão suportável ao choque atmosférico <sup>1)</sup> [kV pico]	Distância de isolamento mínima fase-terra [mm]	Distância de isolamento mínima fase-fase [mm]
60	325	630	700
30	250	480	540
15	250	480	540
10	250	480	540

<sup>1)</sup> Foi seleccionado um nível de isolamento de 250kV para proteger a rede face a sobretensões induzidas

Tabela 3-6 – Recomendações CEI para os comprimentos mínimos da linha de fuga [33]

Tensão nominal, $U_n$ [kV eficaz]	Tensão mais elevada da rede, $U_s$ [kV eficaz]	Linha de fuga mínima [mm] 20 mm/kV <sup>1)</sup>	Linha de fuga mínima [mm] 25mm/kV <sup>1)</sup>	Linha de fuga mínima [mm] 31mm/kV <sup>1)</sup>
60	72,5	1450	1813	2248
30	36	720	900	1116
15	17,5	350	438	543
10	12	240	300	372

<sup>1)</sup> Depende se a linha de fuga específica 20mm/kV (nível médio), 25mm/kV (nível forte) ou 31mm/kV (nível muito forte)

Note-se que o equipamento instalado em linhas de MT, exemplos, seccionadores, OCR's, IAT's, etc, e transformadores, não adoptarão o nível de isolamento ao choque atmosférico de 250 kV. Nestes casos, a utilização de dispositivos de protecção (descarregadores de sobretensões) deverá ser equacionado de modo a proteger o equipamento e garantir a fiabilidade da linha.

### 3.5 Protecção contra sobretensões

Nas redes eléctricas actuais, são utilizados três tipos de dispositivos de protecção contra sobretensões:

1. Hastes de guarda (reguláveis e fixas);
2. Descarregadores de sobretensões de carboneto de silício (SiC);
3. Descarregadores de sobretensões de óxido de zinco (ZnO).

#### 3.5.1 Hastes de guarda (reguláveis e fixas)

As hastes de guarda são normalmente instaladas em locais onde se pretende deliberadamente enfraquecer o nível de isolamento da rede. As hastes de guarda têm uma tensão de ruptura previsível e protegem o equipamento da rede, através do estabelecimento do arco provocado pela sobretensão transitória, criando um circuito para escoar a corrente para a terra. Assim, o funcionamento das hastes de guarda implica um curto-circuito e o conseqüente disparo da linha, o que se torna uma desvantagem na utilização deste dispositivo de protecção contra sobretensões. Em redes eléctricas em que o neutro não se encontra efectivamente ligado directamente à terra, a corrente de seguimento à frequência industrial poderá extinguir-se automaticamente, sendo que em redes eléctricas com o neutro ligado directamente à terra (correntes de defeitos mais elevadas) o arco eléctrico só se irá extinguir se o circuito de alimentação do defeito for aberto. Alguns exemplos de hastes de guarda instalados na rede de 60kV (pórtico e travessia de um transformador) são apresentados na Figura 3-2.



a) Haste de guarda regulável instalada num pórtico de 60 kV



b) Haste de guarda fixa instalada em cadeia de isoladores de uma linha aérea



c) Haste de guarda regulável instalada na travessia de 60 kV de um transformador AT/MT

Figura 3-2 –Exemplos de aplicação de hastes de guarda

### 3.5.2 Descarregadores de sobretensões de carboneto de silício

Os descarregadores de sobretensões de carboneto de silício (SiC) consistem numa ligação em série de resistências de SiC e de explosores, como se apresenta na Figura 3-3. Durante uma sobretensão ocorre uma disrupção nos explosores que por sua vez irá ligar os blocos de SiC à rede. Devido à sua característica não-linear, os blocos de SiC estabelecem um circuito à terra de baixa impedância para a sobretensão e limita a corrente de seguimento produzida pela tensão da rede. Deste modo, o arco eléctrico que se estabelece entre os explosores extingue-se na primeira passagem do zero da tensão. As formas de onda da tensão e corrente de funcionamento do descarregador são apresentadas na Figura 3-3.

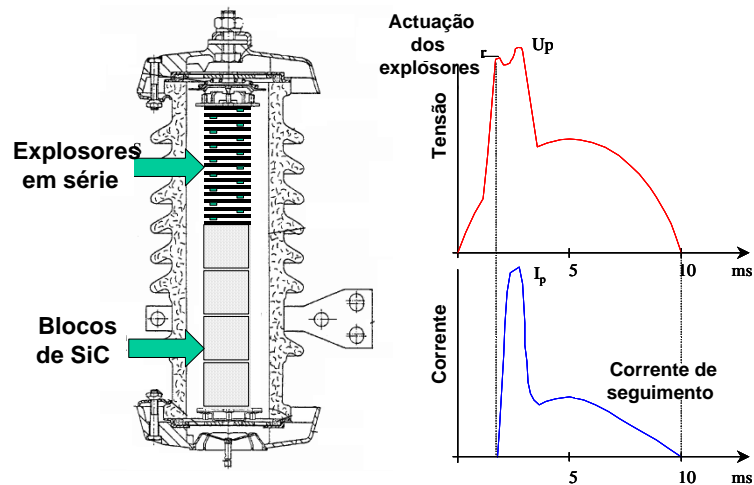


Figura 3-3 – Construção e funcionamento de um descarregador de carboneto de silício

Este tipo de descarregadores podem envelhecer devido à deterioração dos explosores. Esta deterioração poderá eventualmente não permitir a extinção do arco após a condução da sobretensão à terra levando à sua destruição. Estes descarregadores são também muito sensíveis à poluição depositada na superfície do invólucro. Poderá ocorrer uma disrupção dos explosores numa situação de regime permanente se as bandas secas interferirem na distribuição do campo eléctrico ao longo do descarregador. A tecnologia dos descarregadores de carboneto de silício já não é utilizada em novas instalações ou renovações visto ter sido completamente ultrapassado pela tecnologia dos descarregadores de óxido de zinco.

### 3.5.3 Descarregadores de sobretensões de óxido de zinco

Um descarregador de óxido de zinco (ZnO) é constituído por uma coluna de pastilhas de óxido de zinco e apresenta uma característica tensão – corrente não linear, como se pode observar na Figura 3-4.

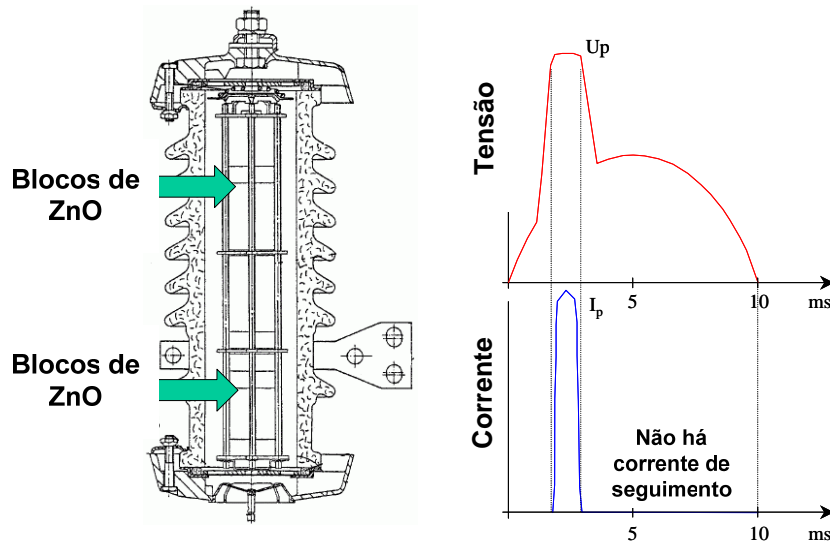


Figura 3-4 – Construção e funcionamento de um descarregador de óxido de zinco

A característica resistiva não-linear de um descarregador de óxido de zinco é apresentada na Figura 3-5. Note-se que, este comportamento altamente não-linear dos varistores deve-se à natureza semicondutora do óxido de zinco (ZnO) quando este é dopado por pequenas quantidades de aditivos de outros óxidos metálicos. O comportamento do descarregador de óxido de zinco pode ser descrito em termos das três regiões de condução das pastilhas, como se apresenta na Figura 3-5:

- Região 1: Nesta região o descarregador apresenta uma característica de alta impedância para a tensão à frequência industrial. A corrente ao longo do descarregador é maioritariamente capacitiva com uma pequena componente resistiva;
- Região 2: O descarregador começa a entrar em condução quando a tensão aplicada excede a tensão estipulada do descarregador;
- Região 3: Nesta região o descarregador apresenta uma relação tensão – corrente não linear.

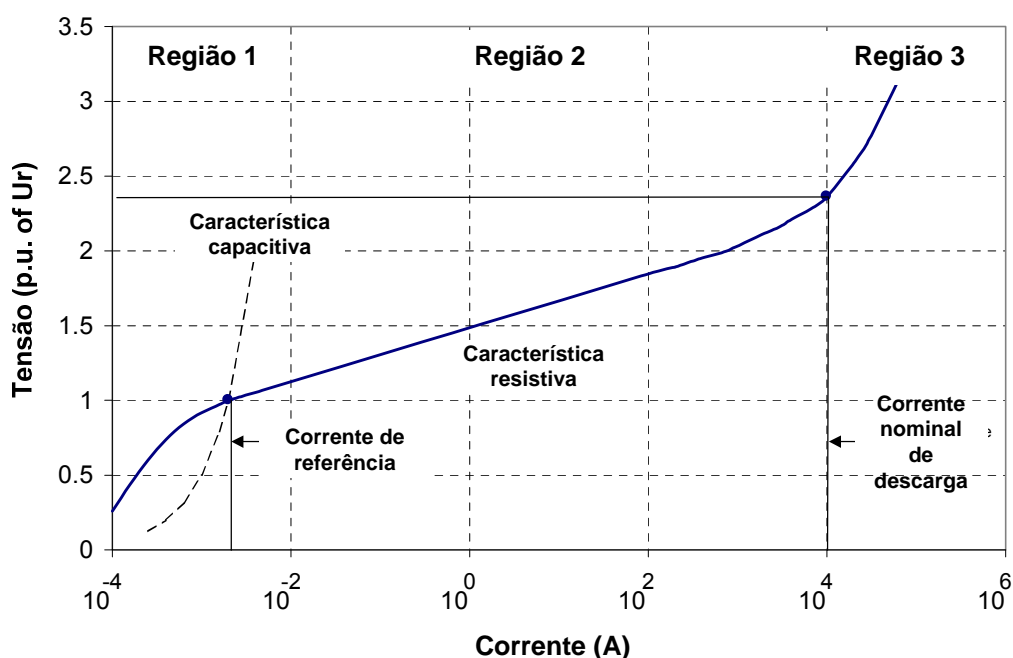


Figura 3-5 – Relação não-linear da tensão vs. corrente de um descarregador de óxido de zinco

Esta característica resulta no comportamento típico dos descarregadores de óxido de zinco, tal como se apresenta na Figura 3-4. Quando uma sobretensão é aplicada ao descarregador, os blocos de óxido de zinco entram à condução suavemente, e à medida que a tensão aumenta conduz a corrente associada para a terra.

## 4 APLICAÇÃO E INSTALAÇÃO DE DESCARREGADORES DE SOBRETENSÕES

### 4.1 Introdução

Os descarregadores de sobretensões são aplicados nas redes de distribuição de energia eléctrica sobretudo para proteger o isolamento não auto-regenerável dos equipamentos de uma avaria permanente devido a uma sobretensão transitória, sendo normalmente instalados nos seguintes locais:

- em transformadores de potência AT/MT;
- em transformadores de distribuição MT/BT;
- em equipamentos de linha, nomeadamente, OCR, IAR, IAT, etc;
- em transições aéreo-subterrâneas;
- nas blindagens dos cabos isolados, quando uma das extremidade da blindagem se encontre ligada à terra.

Nesta secção são dadas recomendações sobre a localização, assim como, aspectos práticos de instalação de descarregadores de sobretensões.

### 4.2 Características dos descarregadores de sobretensões

Os seguintes parâmetros permitem caracterizar um descarregador de óxido de zinco:

- Tensão estipulada ( $U_r$ ) - valor eficaz máximo admitido da tensão à frequência industrial entre os terminais para o qual o descarregador é projectado para funcionar correctamente nas condições de sobretensões temporárias;
- Tensão em regime permanente ( $U_c$ ) - valor eficaz admissível especificado para a tensão à frequência industrial que se pode aplicar continuamente aos terminais do descarregador;
- Corrente nominal de descarga ( $I_n$ ) - valor de pico do impulso de corrente de descarga (8/20  $\mu$ s) que é utilizado para classificar o descarregador;
- Classe de descarga de linha - indica a capacidade de dissipação de energia do descarregador para uma onda de choque de manobra.

Na norma CEI 60099-4 [27] e em [6] são definidas cinco classes de descarga de linha para os descarregadores. Uma classificação mais elevada significa que o descarregador consegue dissipar uma maior quantidade de energia. Para os níveis de tensão da rede da EDP Distribuição, isto é, 10 kV, 15 kV, 30 kV e 60 kV, são utilizados descarregadores de classe 1 e 2, dependendo do tipo de instalação. Em subestações são utilizados descarregadores de classe 2 e para efeitos do presente documento são designados por descarregadores de subestação. Nos equipamentos das linhas eléctricas aéreas, tais como, transformadores, cabos isolados e OCR, são utilizados descarregadores de classe 1, que para efeitos do presente documento são designados por descarregadores de distribuição. Um terceiro tipo de descarregadores é utilizado para protecção da bainha exterior de protecção dos cabos isolados, quando apenas uma das extremidades do cabo a blindagem se encontra ligada directamente à terra. Estes tipos de descarregadores são de classe 1 e para efeitos do presente documento são designados por descarregadores de blindagem.

Os novos descarregadores a instalar nas redes da EDP Distribuição deverão ser seleccionados de acordo com as especificações apresentadas na Tabela 4-1, Tabela 4-2 e Tabela 4-3. Utilizando estas tabelas, a EDP Distribuição pode seleccionar um descarregador para uma situação típica. Estas tabelas estão de acordo com a especificação da EDP Distribuição, DMA-C65-110/N (3ª edição) de Setembro de 2007 [28].

**Tabela 4-1 – Características dos descarregadores de sobretensões para subestações da EDP Distribuição [28]**

<b>Características</b>	<b>Uni.</b>	<b>10 kV</b>	<b>15 kV</b>	<b>15 kV</b>	<b>30 kV</b>	<b>30 kV</b>	<b>60 kV</b>	<b>60 kV</b>
Tipo de ligação		Fase	Fase	Neutro	Fase	Neutro	Fase	Neutro
Tensão nominal da rede	kV	10	15	15	30	30	60	60
Tensão mais elevada da rede	kV	12	17,5	--	36	--	72,5	--
Sobretensão temporária (TOV)	kV	12	17,5	10,1	36	21	72,5	42
Duração da TOV	s	180	180	180	180	180	100	100
Tensão estipulada $U_r$	kV	12	18	13	36	25	72	44
Tensão em regime permanente	kV	8	11	--	22	--	44	--
Corrente nominal de descarga	kA	10	10	10	10	10	10	10
Classe de descarga de linha CEI	--	2	2	2	2	2	2	2
Tensão residual 8/20 $\mu$ s, 10 kA <sup>1)</sup>	kV	44,6	56,5	-	101,2	-	193,5	-

<sup>1)</sup> Valores da tensão residual utilizados nos estudos de coordenação de isolamento

**Tabela 4-2 – Características dos descarregadores de sobretensões para as linhas aéreas e equipamento associado da EDP Distribuição [28]**

<b>Características</b>	<b>Unidade</b>	<b>10 kV</b>	<b>15 kV</b>	<b>30 kV</b>
Tensão nominal da rede	kV	10	15	30
Tensão mais elevada da rede	kV	12	17,5	36
Sobretensão temporária (TOV)	kV	12	17,5	36
Duração da TOV	s	180	180	180
Tensão estipulada $U_r$	kV	12	18	36
Tensão em regime permanente	kV	8	11	22
Corrente nominal de descarga	kA	10	10	10
Classe de descarga de linha CEI	--	1	1	1
Tensão residual 8/20 $\mu$ s, 10 kA <sup>1)</sup>	kV	44,6	56,5	101,2

<sup>1)</sup> Valores da tensão residual utilizados nos estudos de coordenação de isolamento

**Tabela 4-3 – Características dos descarregadores de sobretensões para as blindagens dos cabos subterrâneos [26]**

<b>Características</b>	<b>Unidade</b>	<b>10 kV – 30 kV</b>
Tensão nominal da rede	kV	10 a 30
Tensão mais elevada da rede	kV	12 a 36
Sobretensão temporária (TOV)	kV	2,8
Tensão estipulada $U_r$	kV	2,8
Tensão em regime permanente	kV	2,2
Corrente nominal de descarga	kA	10
Classe de descarga de linha CEI	--	1
Tensão residual máxima	kV	$\leq 10$

<sup>1)</sup> Deverá ser consultado o fabricante do cabo para verificar que os descarregadores seleccionados são adequados para a aplicação nos cabos

### 4.3 Distância de protecção dos descarregadores de sobretensões

As sobretensões transitórias de origem atmosférica, ou de manobra, propagam-se ao longo dos condutores, de acordo com a teoria de propagação de ondas, ocorrendo reflexões quando ocorre uma alteração de impedância característica. Tensões superiores à sobretensão incidente poderão ocorrer devido a sobreposição das ondas. De acordo com a teoria de propagação de ondas, as características de protecção dos descarregadores são apenas válidas no ponto onde estes são instalados. A protecção contra sobretensões poderá ser insuficiente se a distância de protecção entre o descarregador e o equipamento a proteger for excedida, sendo então necessário colocar o descarregador mais próximo do equipamento. O objectivo da maioria dos estudos realizados para este guia é determinar as distâncias máximas de protecção admissíveis para as configurações típicas encontradas na rede da EDP Distribuição.

A distância de protecção dos descarregadores pode ser definida de acordo com o esquema apresentado na Figura 4-1.

Em termos simplificados a distância máxima de separação entre o ponto de ligação do descarregador à linha e o equipamento a proteger, é dada por:

$$d = \frac{v \cdot \left( \frac{U_w}{1 + K_p} - U_{res} \right)}{2 \cdot S} - (d_A + d_1 + d_2)$$

onde

- d Distância máxima de de separação entre o ponto de ligação do descarregador à linha e o equipamento a proteger [m];
- $d_A$  Altura do descarregador [m];
- $d_1$  Comprimento do condutor de ligação do descarregador à linha [m];
- $d_2$  Comprimento total do condutor de terra do descarregador [m] (Nota: Em subestações este comprimento poderá ser superior à altura da estrutura de suporte visto que os condutores de terra são normalmente isolados para permitir a instalação de contadores de descargas);
- $U_{res}$  Tensão residual do descarregador [kV]. Este valor é obtido a partir do ensaio à onda de choque atmosférico 8/20  $\mu$ s, e uma amplitude de 10 kA;
- $U_w$  Tensão suportável ao choque atmosférico do transformador [kV];
- $K_p$  Factor de segurança [pu] – ver secção 3.3;
- S Escarpamento da sobretensão incidente [kV/ $\mu$ s]. Um valor conservador entre 600 e 1500kV/ $\mu$ s poderá ser tido em conta;
- v Velocidade de propagação da sobretensão incidente [m/ $\mu$ s]. Para condutores de linhas eléctricas aéreas no ar – 300 m/ $\mu$ s, para cabos isolados subterrâneos – 150 m/ $\mu$ s.

A amplitude da tensão aos terminais do transformador ( $U_T$ ) é dependente das características do descarregador e do comprimento das ligações entre este e o transformador. Esta distância é dada pela soma dos comprimentos dos condutores de ligação do descarregador à linha e desse ponto para o transformador, isto é,  $d_1 + d$  na Figura 4-1. Nas redes de distribuição de energia eléctrica, sem malhas de terra, é importante realizar a ligação mais curta possível entre o terminal de terra do descarregador e o equipamento a proteger ( $d_2 \approx 0$ ) como se mostra na Figura 4-1.



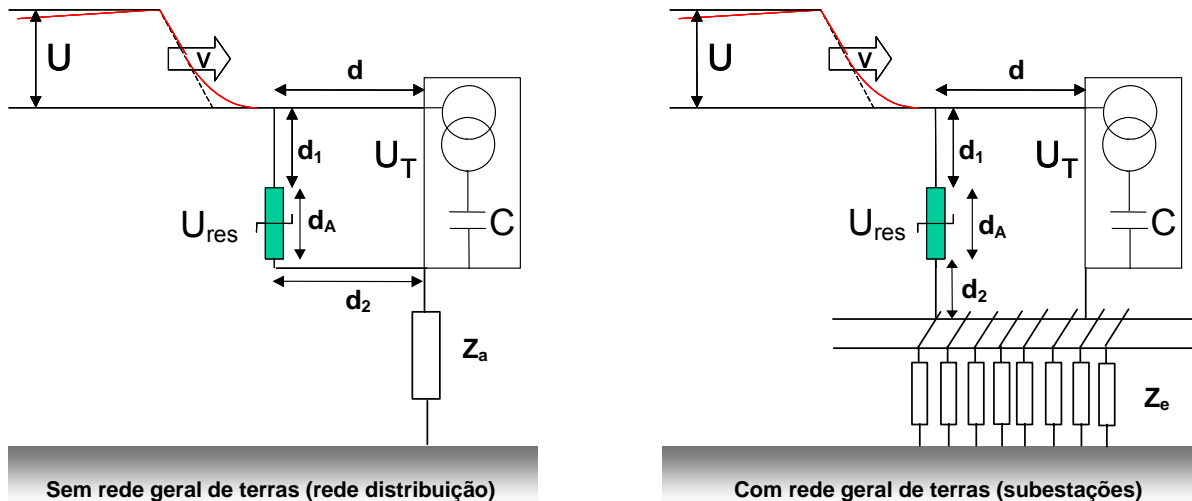


Figura 4-1 – Esquema eléctrico para explicação da distância de protecção dos descarregadores

A LABELLEC realizou uma série de estudos para determinar as distâncias de protecção entre os descarregadores e os equipamentos a proteger, para a maioria das configurações típicas da EDP Distribuição. Os resultados desses estudos estão incorporadas neste guia (ver secção 9.2).

#### 4.4 Distâncias de isolamento

Em instalações eléctricas, por exemplo, em subestações, que não permitam ser ensaiadas como um todo, é necessário garantir que a rigidez dieléctrica é adequada especificando as distâncias de isolamento mínimas no ar entre as partes activas dos equipamentos (distância fase-fase) e entre as partes activas dos equipamentos e as partes ligadas à terra (distância fase-terra). As distâncias de isolamento apresentadas em seguida são válidas para instalações e equipamentos, com excepção das linhas eléctricas aéreas.

##### 4.4.1 Distância de isolamento fase-terra

A distância de isolamento fase-terra normalmente aplicada a subestações, linhas eléctricas aéreas e equipamentos de linha, baseia-se na selecção das tensões suportáveis normalizadas ao choque atmosférico e ao choque de manobra. Nas redes de distribuição, apenas se considera as tensões suportáveis ao choque atmosférico. As distâncias mínimas de isolamento recomendadas são dadas nas normas internacionais, neste caso na CEI 60071-2, e são apresentadas na Tabela 4-4.

Tabela 4-4 – Correlação entre as tensões suportáveis ao choque atmosférico e as distâncias mínimas de isolamento

Tensão nominal, $U_n$ [kV]	Tensão mais elevada da rede, $U_s$ [kV]	Tensão suportável ao choque atmosférico [kV]	Distância mínima de isolamento [mm]
10	12	75	120
15	17,5	95	160
30	36	170	320
60	72,5	325	630

As distâncias mínimas de isolamento especificadas são determinadas através de uma aproximação conservadora, tendo em conta a experiência prática, custo técnico-económico e a dimensão do equipamento para garantir um bom desempenho da rede. Se para além destes factores ainda tivermos em conta os requisitos de segurança, então as distâncias de isolamento serão bastante mais elevadas.

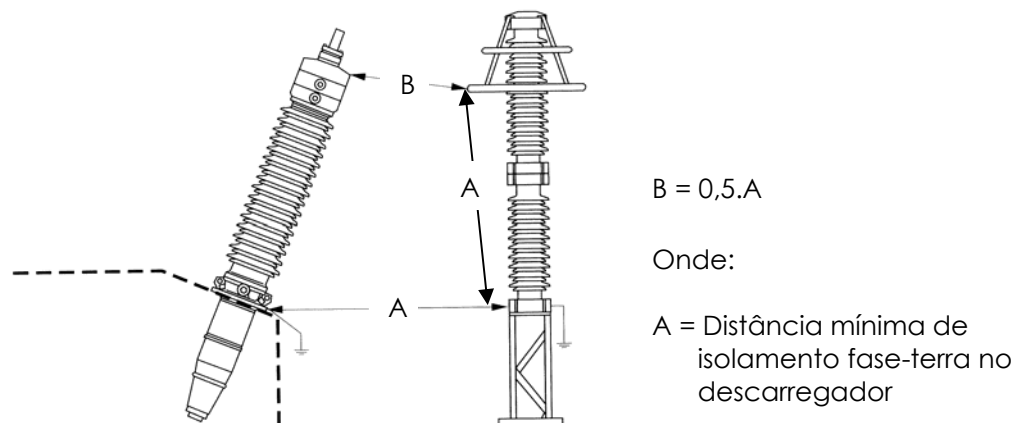
#### 4.4.2 Distância de isolamento fase-fase

Para os níveis de tensão da rede de distribuição, na generalidade das instalações as distâncias de isolamento fase-fase são iguais às distâncias de isolamento fase-terra tendo por base as tensões suportáveis ao choque atmosférico. As linhas eléctricas aéreas são excepção a esta regra. As distâncias mínimas de isolamento fase-fase são apresentadas na Tabela 4-4.

#### 4.4.3 Distâncias de isolamento a outros equipamentos AT na mesma fase

Se um equipamento for instalado muito próximo de outro, pode dar-se a situação em que a distribuição do campo eléctrico na superfície do invólucro isolante é perturbada, originando uma degradação do desempenho eléctrico dos equipamentos. Os descarregadores de sobretensões são especialmente vulneráveis a esta situação. Em condições normais de funcionamento, a distância entre o descarregador e outro equipamento ligado à mesma fase, por exemplo, travessias de transformadores ou isoladores de suporte, não é normalmente importante. No entanto, na presença de poluição, a distribuição do potencial na superfície do isolador poderá tornar-se não uniforme, criando tensões elevadas entre o invólucro do descarregador e o isolador do equipamento.

A distância mínima de isolamento entre o terminal de linha (parte activa, ou seja, em tensão) do descarregador de sobretensões e o terminal de alta tensão do equipamento, deverá ser metade da distância de isolamento fase-terra determinada na secção 4.4.1, de acordo com o apresentado na Figura 4-2.

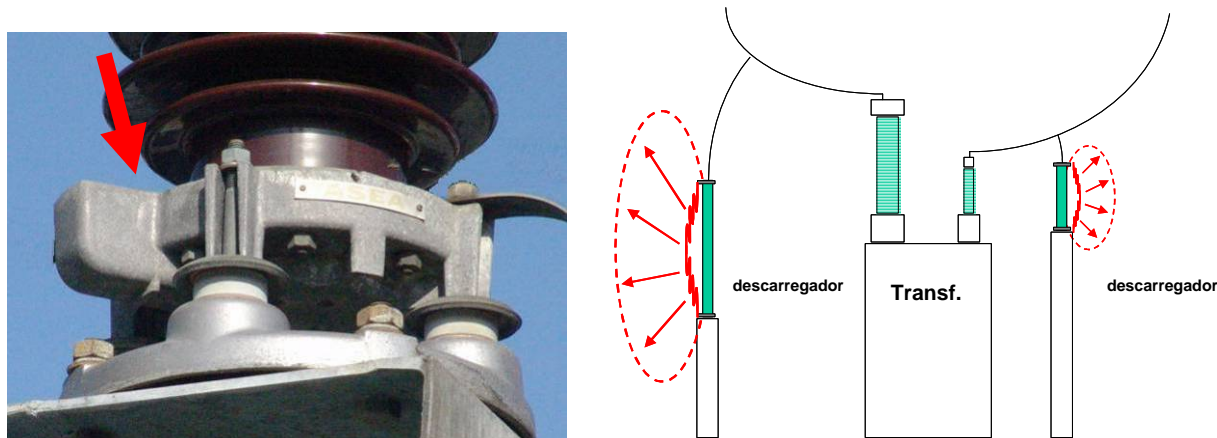


**Figura 4-2 – Exemplo de distância de isolamento a outro equipamento ligado à mesma fase**

#### 4.5 Dispositivos de alívio de pressão dos descarregadores

É possível que os descarregadores de sobretensões sejam submetidos a uma energia superior à capacidade de dissipação do descarregador. Esta situação pode verificar-se quando uma descarga atmosférica ocorre na proximidade do descarregador. Neste caso, toda a energia associada à descarga é dissipada através do descarregador. Para fazer face a esta situação, os descarregadores de sobretensões são projectados de modo a suportarem um defeito interno sem explodirem violentamente.

Nos descarregadores com invólucro de porcelana, as extremidades metálicas do invólucro são normalmente projectadas de modo a constituírem um dispositivo de alívio de pressão que concentra e direcciona os gases quentes internos para um dos lados do descarregador. Um exemplo de um dispositivo de alívio de pressão é apresentado na Figura 4-3. Os descarregadores deverão ser instalados de modo a que os dispositivos de alívio de pressão sejam direccionados para um espaço livre. Desta forma garante-se que os gases quentes são expelidos e afastados do equipamento a proteger.



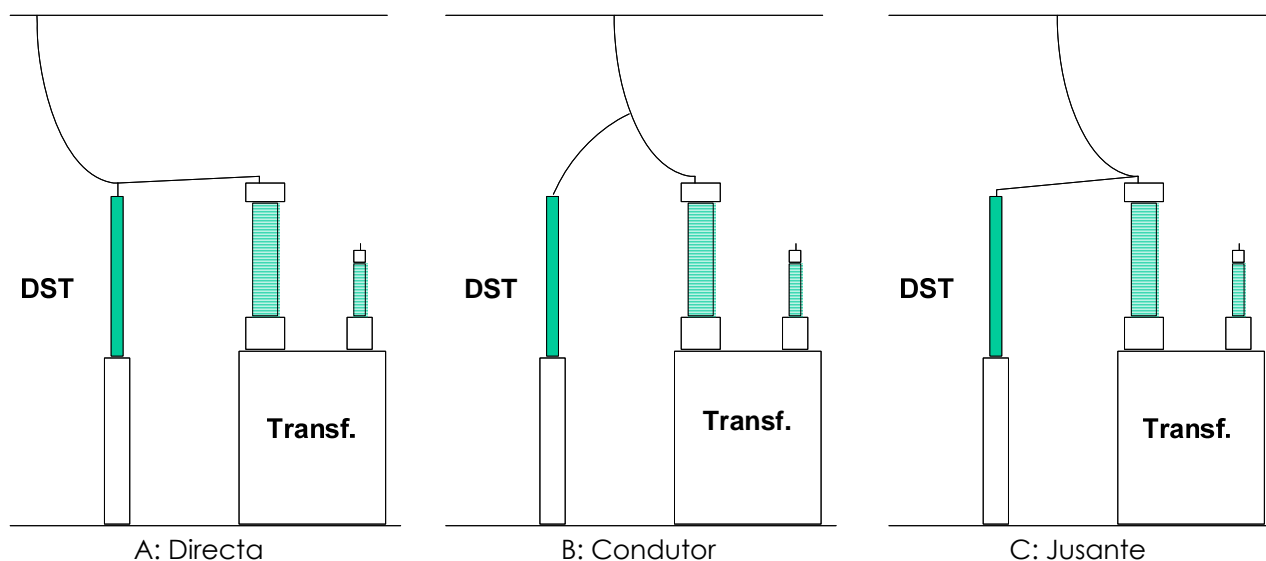
**Figura 4-3 – Descarregador com invólucro de porcelana e com indicação dos dispositivos de alívio de pressão**

Os descarregadores com invólucro polimérico são concebidos sem estes dispositivos de alívio de pressão, não tendo nenhuma restrição na orientação do descarregador junto ao equipamento a proteger.

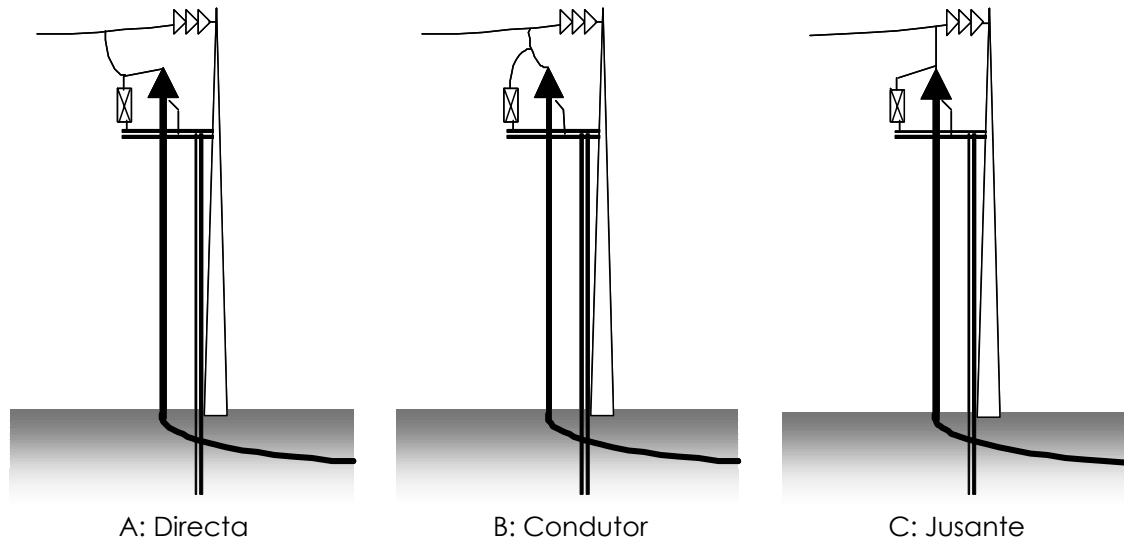
#### 4.6 Ligação dos descarregadores à rede

Na instalação de descarregadores, a ligação do condutor de fase da linha ao descarregador deverá ser a mais directa possível. A Figura 4-4 apresenta três configurações possíveis para a ligação do descarregador a um transformador de potência numa subestação. A Figura 4-5 apresenta também três configurações possíveis para a instalação de descarregadores de sobretensões em transições aéreo-subterrâneas. As ligações são identificadas como:

- Directa: a ligação ao transformador é realizada directamente a partir do descarregador;
- Através de um condutor de ligação: a ligação do descarregador é feita directamente ao condutor de fase que liga a linha ao transformador;
- A jusante: o descarregador é ligado a jusante do transformador.



**Figura 4-4 – Configurações para instalação de descarregadores em subestação com rede geral de terras**



**Figura 4-5 –Configurações para a instalação de descarregadores em redes de distribuição sem rede geral de terras. O exemplo mostra uma transição aéreo-subterrânea**

Quando se realiza a ligação dos condutores dos descarregadores, para garantir um desempenho otimizado, é importante ter em conta os seguintes aspectos:

- O descarregador de sobretensões deve ser ligado à terra através de um condutor dedicado. Não é recomendado executar esta ligação indirectamente através da estrutura de apoio dos descarregadores, assumindo que esta está devidamente ligada à terra. Os condutores de ligações à terra podem ser integrados na estrutura (poste) para prevenir roubos;
- São permitidos curvas pronunciadas nos condutores de ligação à terra;
- Para garantir a resistência mecânica, a secção dos condutores de terra deve ser de 95 mm<sup>2</sup> em subestações e 35 mm<sup>2</sup> em outras instalações eléctricas. A secção dos condutores de terra é calculada com base na corrente máxima de defeito expectável (16 kA para  $U_m \leq 36$  kV e 31,5 kA para  $U_m = 72$  kV);
- Deverão ser tomados cuidados de modo a não exercer esforços mecânicos desnecessários nos descarregadores. Confirmar que o descarregador pode suportar os esforços mecânicos se estes forem utilizados como suporte mecânico dos condutores de ligação;
- O comprimento das ligações dos condutores entre o descarregador e o equipamento a proteger deve ser o mais curto possível, de acordo com o ilustrado na Figura 4-1;
- A selecção do material para os condutores de ligação do descarregador à rede é dependente da situação (risco de furto de cobre, etc.), no entanto o condutor deve ser sempre dimensionado para suportar a corrente de curto-circuito da rede;
- Deverão ser tomados cuidados no aperto dos terminais de fixação dos condutores de ligação dos descarregadores à rede, de modo a que não se exceda o binário máximo recomendado pelo fabricante. Os descarregadores são particularmente sensíveis neste aspecto.

Perante algumas instalações e questões operacionais, a configuração A para ligação do descarregador à rede pode ser preterida face à B. A configuração C não deve ser normalmente utilizada.

#### 4.7 Indicadores de defeito e monitorização das condições de funcionamento

As metodologias de monitorização das condições de funcionamento dos descarregadores são diferentes para a subestação e para a rede de distribuição. Por essa razão serão discutidas separadamente.

##### 4.7.1 Descarregadores de subestação

A monitorização das condições de funcionamento é por vezes utilizada para auxiliar o operador da rede na identificação de descarregadores que necessitam ser substituídos. Tal monitorização é normalmente limitada a descarregadores de subestação localizados em instalações que são consideradas críticas para a rede.

Um dos métodos mais simples na monitorização das condições de funcionamento do descarregador é através da utilização de contadores de descargas. Em descarregadores de carboneto de silício estes contadores têm sido utilizados com algum sucesso, visto que existe uma relação entre o número de descargas conduzidas pelo descarregador e a deterioração da sua estrutura interna. Os contadores de descargas são também utilizados em descarregadores de óxido de zinco. No entanto, é improvável que exista uma relação directa entre o número de descargas conduzidas por estes e o envelhecimento das blocos de óxido de zinco.

Outro método mais detalhado para realizar a monitorização das condições de funcionamento passa pela medição da corrente de fuga do descarregador. No entanto, nem todas as medidas de corrente de fuga são eficazes, visto que em descarregadores de óxido de zinco a maior componente da corrente de fuga é capacitiva. Assim, não se obtém informação suficiente sobre o estado dos blocos de óxido de zinco. Somente equipamentos especializados que consigam avaliar a componente resistiva da corrente de fuga, poderão ser utilizados para verificar o estado do descarregador. Até ao momento, a tecnologia de óxido de zinco provou ser altamente fiável, tendo sido relatados muitos poucos problemas de envelhecimento, desde que os descarregadores tenham sido correctamente dimensionados. Por esta razão, muitas empresas congéneres optaram por não realizar qualquer monitorização das condições de funcionamento dos descarregadores de óxido de zinco.

Com base na informação acima descrita, a EDP Distribuição não deve utilizar nem contadores de descargas, nem qualquer outro equipamento para medir a corrente de fuga. No entanto, recomenda-se a instalação de uma base isolante para suporte dos descarregadores, ver Figura 4-6, já que facilita a inspecção caso seja necessário.

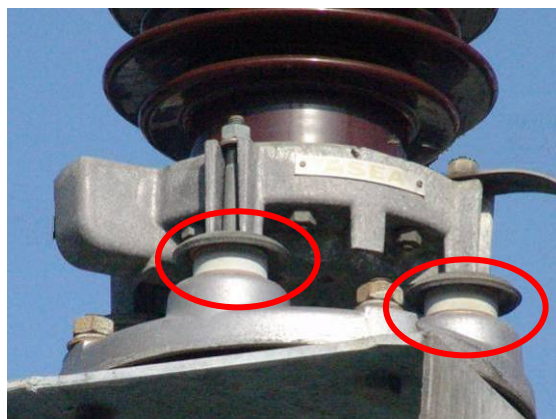


Figura 4-6 – Exemplo de um descarregador montado numa base isolante, ver área circunscrita

#### 4.7.2 Descarregadores de distribuição

A monitorização das condições de funcionamento de descarregadores de distribuição incide na perspectiva da identificação de unidades avariadas. Os indicadores de defeitos podem ser utilizados para identificar unidades avariadas em serviço, sendo que os equipamentos de teste permitem identificar as unidades em bom estado de funcionamento que são retiradas de serviço.

##### 4.7.2.1 Sinalização de avaria (indicadores de avaria e desconectores)

Muitas empresas congéneres utilizam sinalizadores de avaria para auxiliar a identificação de descarregadores avariados. Estes dispositivos indicam se existe alguma avaria no descarregador através de um dispositivo de sinalização ou através de um desconector que desliga o condutor de terra da base do descarregador.

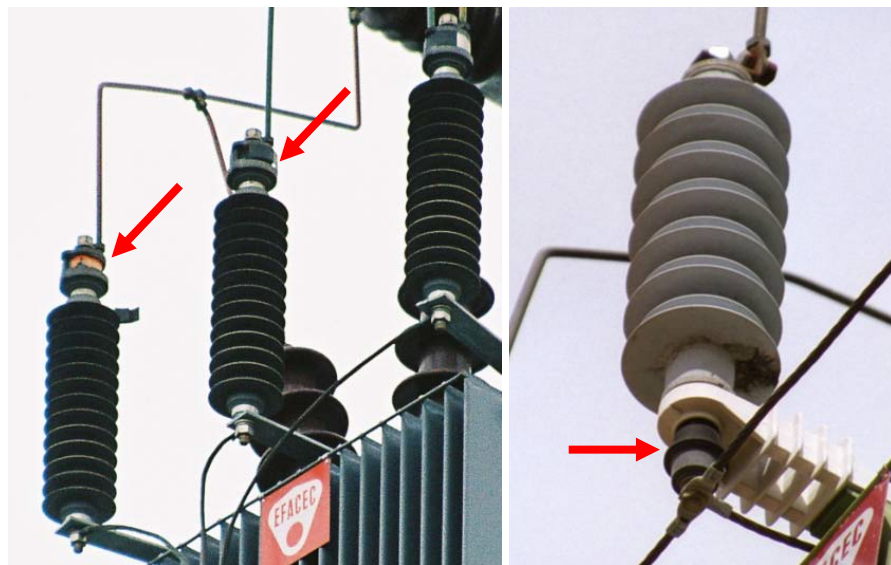
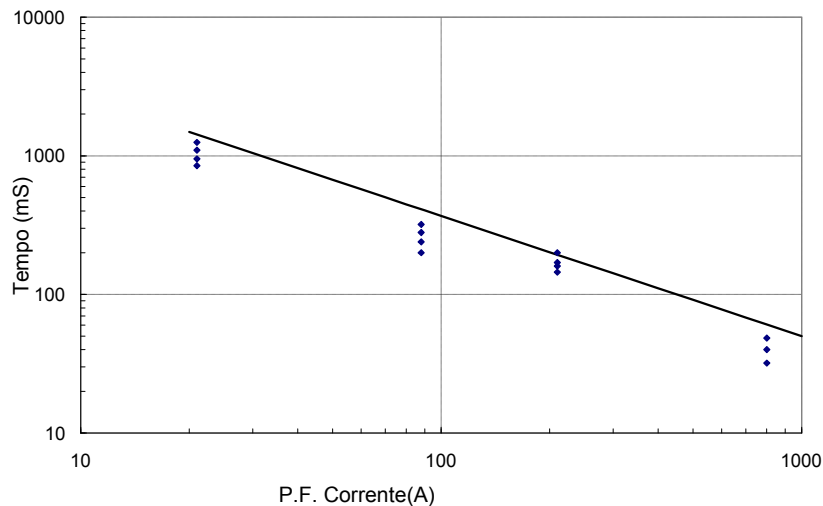


Figura 4-7 – Exemplos de sinalizadores de avaria em descarregadores de distribuição

Estes dispositivos operam da mesma forma que um fusível, ou seja, requerem uma sobreintensidade para sinalizar a avaria no descarregador. O sistema de protecções da rede da EDP Distribuição está parametrizado para disparar para uma corrente de curto-circuito fase-terra de cerca de 2 A. Esta corrente é muito baixa (inferior a 10 A) para provocar a actuação do sinalizador de avaria, ver Figura 4-8. Desta forma, o sinalizador de avaria não irá funcionar se o descarregador avariar devido a infiltração de humidade ou devido a um contornamento no invólucro, operando apenas quando o escoamento de uma da sobretensão transitória levar a uma dissipação de energia superior à sua capacidade, por exemplo, devido a uma descarga atmosférica na sua proximidade.





**Figura 4-8 – Característica corrente-tempo para um sinalizador de avaria típico**

Nas redes da EDP Distribuição, deve ser considerada a não utilização futura de sinalizadores de avaria nos descarregadores de distribuição, tendo por base as seguintes considerações:

- A maioria dos defeitos nos descarregadores de distribuição com invólucros de porcelana deve-se à infiltração de humidade. Tal como foi mencionado anteriormente o sinalizador de avaria não irá actuar;
- É expectável que os descarregadores com invólucro polimérico tenham um desempenho superior devido ao sistema de estanquidade do invólucro;
- A detecção de um descarregador polimérico avariado será facilitada devido à visibilidade da avaria no invólucro;
- No projecto automação da rede de distribuição (EDP-KEMA), o número de instalações a inspeccionar para encontrar um defeito permanente na rede será reduzido. O número de pontos de inspecção será limitado a cerca de 10 a 15;
- A experiência local e internacional tem revelado que estes sinalizadores de avarias não têm tido um funcionamento fiável em todos os defeitos de descarregadores.

No entanto, dado que actualmente a EDP Distribuição utiliza sinalizadores de avaria e no sentido suportar aquela decisão, recomenda-se que seja reunida toda a informação sobre o desempenho destes dispositivos. Deverá ser recolhida a seguinte informação:

- O número de descarregadores avariados inspeccionados;
- O número de descarregadores com indicação correcta do sinalizador;
- O número de descarregadores com sinais de avaria no invólucro.

Após ter sido recolhida informação durante um ano, deverá ser tomada uma decisão relativamente à continuação de utilização deste tipo de dispositivos.

#### 4.7.2.2 Gestão de descarregadores retirados de serviço

Um dos desafios que as empresas congéneres enfrentam hoje em dia é a identificação de descarregadores em bom estado, entre aqueles que foram retirados de serviço quando o equipamento da rede é substituído. Estes descarregadores são muitas vezes retirados de serviço sem ter sido realizado qualquer ensaio ao seu estado de funcionamento. As unidades avariadas podem ser identificadas através de uma inspecção visual ou a partir de testes a realizar através de um equipamento de ensaios de descarregadores.

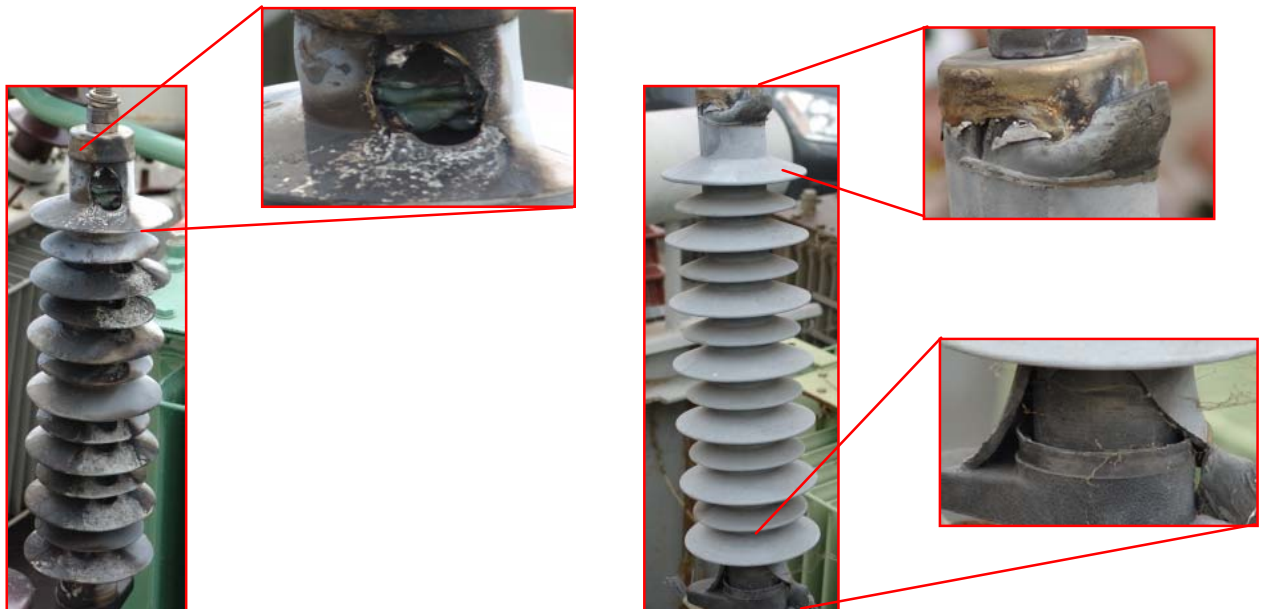
Quando um descarregador de óxido de zinco avaria devido a uma sobretensão transitória na rede, estabelece-se um curto-circuito permanente à terra. Nos descarregadores com invólucro de porcelana, um curto-circuito interno provoca um aumento de pressão, o que levará em princípio à actuação do dispositivo de alívio de sobrepressão. Em descarregadores de subestação, a actuação deste dispositivo é visível através de vestígios brancos na superfície do invólucro, como se pode observar na Figura 4-9.



**Figura 4-9 – Descarregador de subestação após um defeito interno ter actuado o dispositivo de alívio de sobrepressão**

O aumento de pressão interna num descarregador de distribuição não é normalmente tão elevado como num descarregador de subestação, visto que a corrente de curto-circuito é limitada. Desta forma a indicação visual do descarregador avariado será mais difícil. Por vezes não existem provas, para além de uma coloração preta visível, de que o dispositivo de alívio de sobrepressão funcionou. Os invólucros de porcelana destes descarregadores ficam normalmente intactos.

Nos descarregadores poliméricos o alívio de sobrepressão é visível através da ruptura do invólucro. A Figura 4-10 apresenta vários exemplos de descarregadores poliméricos avariados.



**Figura 4-10 – Exemplos de descarregadores poliméricos avariados por actuação do dispositivo de alívio de sobrepressão**

Existem no mercado vários equipamentos de ensaio para identificar avarias internas em descarregadores de distribuição. Um destes equipamentos é apresentado na Figura 4-11. Estes equipamentos aplicam uma tensão contínua (c.c.) ao descarregador de modo a determinar a tensão de "cotovelo" podendo ensaiar descarregadores até uma tensão estipulada de 25 kV. Para os



descarregadores de 36 kV de tensão estipulada, a tensão contínua aplicada é muita baixa para encontrar o “cotovelo”. No entanto, permite identificar as unidades com um curto-circuito interno. Recomenda-se a aquisição de um equipamento de teste para ensaiar todos os descarregadores que não apresentam uma avaria visível [29], sendo que o ensaio não deverá ocorrer na instalação, mas sim em armazém antes de serem desclassificados. A utilização de um equipamento deste tipo permite repor em serviço os descarregadores em bom estado de funcionamento.



**Figura 4-11 – Ensaio de um descarregador de distribuição**

#### 4.7.3 Descarregadores de carboneto de silício

Embora ainda existam muitos descarregadores de carboneto de silício instalados na rede eléctrica da EDP Distribuição, esta tecnologia já não é considerada em novas instalações. Presentemente apenas são instalados descarregadores de óxido de zinco. As vantagens dos descarregadores de óxido de zinco em comparação com os de carboneto de silício são as seguintes:

- Simplicidade de construção, o que permite uma qualidade média superior e uma redução do risco de infiltração de humidade;
- Melhores características de protecção. A tensão residual é aproximadamente igual, sendo que a característica não-linear mais acentuada do óxido de zinco permite eliminar os explosores;
- Maior capacidade de dissipação de energia;
- Insensibilidade relativa à poluição. Os descarregadores de óxido de zinco estão normalmente preparados para a poluição caso o invólucro tenha a mesma linha de fuga dos outros isoladores instalados na subestação.

Recomenda-se que a EDP Distribuição não realize qualquer monitorização das condições de funcionamento aos descarregadores de carboneto de silício e que se substituam as unidades com mais de 20 anos de serviço por descarregadores de óxido de zinco.

Algumas situações devem ser evitadas, nomeadamente quando existem descarregadores de óxido de zinco e de carboneto de silício para proteger um transformador. Deve-se garantir que se substituem todos os descarregadores de carboneto de silício quando se pretende melhorar a protecção contra sobretensões dos transformadores.

## 5 APLICAÇÃO DE HASTES DE GUARDA

### 5.1 Prática geral na EDP Distribuição

Até à presente data a EDP Distribuição tem utilizado hastes de guarda nas subestações para proteger as entradas dos painéis de linha e transformadores. As hastes de guarda são também utilizadas na protecção dos isoladores de porcelana contra perfurações, sendo também instalados em postos de transformação, travessias de estrada e em outros locais onde a falha de um equipamento não é permitida.

### 5.2 Remoção de hastes de guarda

Um levantamento realizado à aplicação de hastes de guarda na rede da EDP Distribuição revelou algumas inconsistências na sua utilização. Por exemplo, algumas instalações não estão equipadas com hastes de guarda. Para além disso as hastes de guarda nem sempre estão devidamente alinhadas dificultando o estabelecimento do arco eléctrico.

As hastes de guarda podem ser utilizadas em combinação com os descarregadores, para proteger de um modo eficiente um determinado equipamento. Estas hastes são instaladas a uma certa distância do equipamento a proteger para limitar as sobretensões incidentes antes de esta alcançar o descarregador. Deste modo, o descarregador encontra-se efectivamente protegido face a uma sobretensão muito elevada levando no entanto a um aumento de número de defeitos à terra. Em redes com o regime de neutro compensado, a corrente de defeito à terra é muito baixa para manter o arco eléctrico e provocar o consequente disparo da linha [2]. No entanto, as hastes de guarda tornam-se ineficientes se a distância entre estas e o descarregador for tão pequena que as coloquem dentro da zona de protecção dos descarregadores.

Em redes com o regime de neutro isolado, a presença das hastes de guarda leva a uma maior taxa de disparos de linha, como se conclui do estudo finlandês [30]. Neste estudo foi realizada uma comparação entre duas redes MT com o regime de neutro isolado, uma equipada com hastes de guarda e a outra equipada apenas com descarregadores. Conclui-se que a rede equipada com hastes de guarda tinha seis vezes mais disparos que a rede equipada com descarregadores.

Pelas razões anteriormente apontadas, recomenda-se que a EDP Distribuição interrompa a aplicação de hastes de guarda em combinação com os descarregadores para proteger os equipamentos na rede, nomeadamente na protecção de transformadores.

Do ponto de vista das subestações AT/MT são também apontadas as seguintes razões:

- A instalação de descarregadores, aos terminais do transformador e à entrada dos painéis de linha da subestação, fornece protecção suficiente face a sobretensões, em conformidade com a CEI 60071. A aplicação de hastes de guarda é portanto redundante;
- As hastes de guarda levaram no passado a curto-circuitos aos terminais dos transformadores devido à aproximação de animais.

Nas subestações, a EDP Distribuição deverá priorizar as diversas situações para a remoção de hastes de guarda em transformadores AT/MT, de acordo com a sua criticidade.

### 5.3 Situações onde as hastes de guarda são necessárias

Por imposições regulamentares, as hastes de guarda só são utilizadas nas linhas aéreas MT, nas seguintes situações:

- Até 15 kV, quando existirem mais de 4 apoios de reforço (travessias de estrada, linhas de comunicação, linhas eléctricas, áreas públicas, etc), a cadeia de isoladores no 5º apoio deverá ser obrigatoriamente equipada com hastes de guarda;
- Nos 30 kV, em zonas de poluição muito forte e nas situações de reforço, bem como nas mesmas circunstâncias do ponto anterior;
- Nos 60 kV, em todas as situações.

A aplicação de hastes de guarda em cadeias de isoladores deverá de estar em conformidade com a tensão suportável ao choque atmosférico de 250 kV.

## 6 COORDENAÇÃO DE ISOLAMENTO À FREQUÊNCIA INDUSTRIAL

O desempenho de uma linha de transporte ou de distribuição à frequência industrial (50 Hz) é sobretudo determinado pelo desempenho dos isoladores sob condições de poluição. Consequentemente, será necessário ter em conta o nível de poluição da região quando se selecciona o tipo de isolador e a respectiva linha de fuga que irá equipar uma determinada instalação.

Em locais de poluição severa, o comprimento da cadeia de isoladores poderá exceder o comprimento especificado para o nível de isolamento da linha ao choque atmosférico, tornando-se o factor dominante no projecto de uma linha aérea ou uma subestação. Na presente secção, estes aspectos serão abordados, assim como o impacto na selecção da tecnologia dos isoladores.

### 6.1 Identificação de problemas de poluição

As empresas de electricidade sabem geralmente onde existem problemas de poluição. Para identificar um nível de poluição suficientemente elevado para provocar contornamentos numa cadeia de isoladores, são utilizados os seguintes aspectos:

- Na maioria dos casos existe uma clara identificação da fonte de poluição, como por exemplo poluição salina ou industrial (ver Figura 6-1 (a)). Uma descrição geral do meio ambiente e níveis típicos de poluição expectáveis, são apresentados no Anexo B;
- Na Figura 6-1 b), os isoladores apresentam sinais de corrosão e a superfície do isolador de vidro apresenta-se sem brilho;
- Durante os períodos de humidade mais elevada, os isoladores produzem um ruído associado ao efeito de coroa, que poderá ser visível durante a noite, tal como se pode observar na Figura 6-1 c);
- Na Figura 6-1 d) apresenta-se um exemplo de isolador sujo, embora nesta situação não se possa afirmar que exista um problema de poluição. Se por exemplo, a superfície do isolador apresentar uma camada não semicondutora (ex. poeira), esta não constituirá qualquer problema. Se por outro lado, na superfície do isolador existir uma camada de dióxido de enxofre ( $SO_2$ ), quando esta entrar em contacto com a humidade, poderá resultar num contornamento, sem no entanto existir uma evidência visual de poluição;
- Na Figura 6-1 e), existem alguns vestígios de que o isolador foi alvo de manutenção, visto que se encontram vestígios de uma aplicação de graxa branca;
- Se ocorreu algum contornamento à superfície do isolador, então:
  - O contornamento ocorreu em condições de elevada humidade (nevoeiro, chuva);
  - O contornamento ocorreu no início da manhã, devido à condensação. No entanto, nesta altura da manhã é quando normalmente as aves regressam à actividade contaminando os isoladores com excrementos;
  - Não existe nenhuma justificação para a ocorrência de contornamentos, excepto uma descarga atmosférica ou a ocorrência de incêndios;
  - O contornamento ocorreu na primeira chuva após um longo período de seca.



**Figura 6-1 – Evidência típica de problemas relacionados com a poluição**

Relativamente à especificidade do meio ambiente em Portugal Continental, deve considerar-se que:

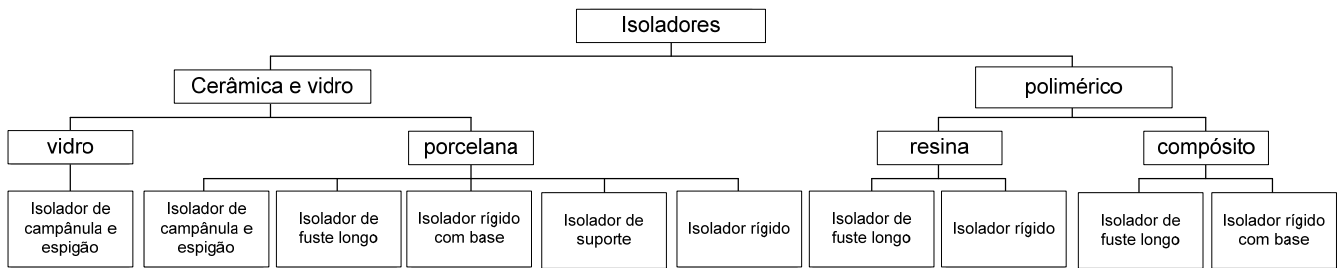
- A maioria das linhas aéreas da EDP Distribuição são classificadas com o nível de poluição médio (20 mm/kV), de acordo com a CEI 60815. As linhas aéreas que estiverem estabelecidas na orla costeira até 3-5 km são classificadas com o nível de poluição muito forte (31 mm/kV);
- Devido aos elevados requisitos de desempenho exigidos, a maioria das subestações da EDP Distribuição são classificadas com o nível de poluição forte (25 mm/kV), mesmo que a elas estejam ligadas linhas aéreas MT com o nível de poluição médio. As subestações localizadas na orla costeira até 3-5 km são classificadas com o nível de poluição muito forte.

Embora estas regras sejam gerais, tal não significa que não possa existir num determinado local instalações com um nível de poluição muito forte a mais de 5 km da costa. Sempre que existirem dúvidas circunstanciais relativamente ao nível de poluição de um local específico, sugere-se a realização de medidas de campo para determinação do nível de poluição, tal como é descrito no Anexo G.

## 6.2 Materiais isolantes

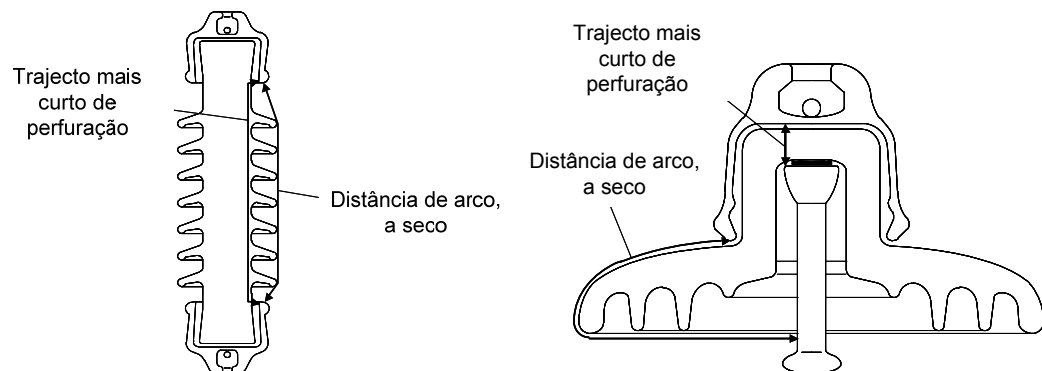
Os isoladores consistem normalmente num corpo isolante com um ou mais dispositivos de fixação. Os corpos isolantes têm sido tradicionalmente fabricados em porcelana ou vidro temperado. No entanto com o desenvolvimento dos isoladores poliméricos, o corpo isolante pode ser também constituído por um cilindro de fibra de vidro reforçado, o qual é depois revestido por um invólucro de borracha para fornecer a linha de fuga necessária e assim proteger também o núcleo de agressões exteriores.

A Comissão Electrotécnica Internacional (CEI) especifica os isoladores de acordo com o material com o qual o corpo isolante é fabricado. As especificações são realizadas tanto para vidro, cerâmico ou polimérico. Os isoladores podem ser subdivididos em isoladores do tipo compósito ou de resina. Os isoladores de resina não são utilizados para as linhas de transmissão. Para cada um destes três tipos de isoladores, existem várias configurações, como se pode observar na Figura 6-2.



**Figura 6-2 – Visão geral dos tipos de isoladores utilizados em linhas aéreas de distribuição**

As normas reconhecem duas classes de isoladores tendo em conta a possível perfuração interna, como se apresenta na Figura 6-3 e em [35]. Para os isoladores de classe A, a distância mínima de perfuração do isolador é pelo menos igual a metade do comprimento mínimo do arco externo. Este tipo de isolador é classificado como sendo à prova de perfurações. Os isoladores de Classe B são aqueles que têm a distância mínima de perfuração menor que a metade do comprimento mínimo do arco externo. Este tipo de isolador é classificado como perfurável.



**Figura 6-3 – Classificação dos isoladores como classe A (à esquerda) ou B (à direita)**

Os isoladores, os descarregadores e outros equipamentos utilizam diferentes materiais para o isolamento externo. São utilizados os seguintes tipos de materiais: vidro, porcelana, compósito e resina. Destes, a EDP Distribuição tem utilizado maioritariamente isoladores de porcelana. A experiência da EDP com este tipo de material não tem sido muito positiva, como o demonstra a sua elevada taxa de avarias, superior às divulgadas internacionalmente. É constatado que isoladores rígidos e de cadeia são frequentemente afectados por defeitos invisíveis que provocam falhas intermitentes da linha (ex.: perfurações). Para mitigar este problema, deve considerar-se:

- A substituição dos isoladores rígidos por isoladores de classe A. Informação sobre técnicas de inspecção poderão ser encontradas em [37];
- A melhoria do controlo de qualidade na aquisição de equipamento e isoladores;
- A utilização de técnicas de detecção de isoladores perfurados. A utilização da câmara de ultravioletas para detecção do efeito de coroa deverá ser considerado num futuro próximo;
- A aplicação de outros materiais isolantes. Este tema será introduzido adiante.

A Tabela 6-1 apresenta uma visão geral das vantagens e desvantagens dos diferentes materiais de isolamento.

O desempenho eléctrico dos isoladores de vidro e de porcelana é praticamente o mesmo, sendo que a escolha do material de isolamento depende da experiência prévia boa ou má, do isolamento. Em comparação, os isoladores poliméricos têm surgido recentemente no mercado com diferentes tecnologias de construção.

Note-se que:

1. Cada fabricante utiliza diferentes materiais, técnicas de construção e processos de fabrico diferentes;
2. Muitas empresas de transporte e distribuição de energia eléctrica não têm a certeza das unidades que têm em serviço numa dada estrutura.

O objectivo desta parte é o de focar mais na selecção dos materiais dos isoladores poliméricos do que propriamente no vidro ou na porcelana.

**Tabela 6-1 – Vantagens e desvantagens dos diferentes materiais isolantes**

<b>Material</b>	<b>Vantagem</b>	<b>Desvantagem</b>
Vidro	<ul style="list-style-type: none"><li>- Fiabilidade a longo prazo</li><li>- Indicação visual de defeitos internos</li><li>- Boa resistência à perfuração</li><li>- Os isoladores dos diferentes fabricantes têm normalmente um bom desempenho</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Alvo para vândalos</li><li>- Disrupção por bandas secas durante longos períodos de tempo poderá danificar o vidro</li><li>- Material pesado</li><li>- Não disponível em algumas regiões</li></ul>
Porcelana	<ul style="list-style-type: none"><li>- Fiabilidade a longo prazo</li><li>- Superfície resistente à disrupção por bandas secas</li><li>- Não estilhaçam quando são atingidos por vândalos</li><li>- Os isoladores dos diferentes fabricantes têm normalmente um bom desempenho</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Os defeitos internos não são muitas vezes visíveis</li><li>- Em zonas de poluição forte, poderá se necessário ter mais isoladores para equipar uma cadeia</li><li>- Material pesado</li><li>- Não disponível em algumas regiões</li></ul>
Compósito (polimérico, resina epóxida, EPDM, SiR)	<ul style="list-style-type: none"><li>- Baixo peso</li><li>- Baixo custo</li><li>- Menos sensível ao vandalismo</li><li>- Melhor desempenho face à poluição</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Tempo de vida útil variável</li><li>- Anos de experiência insuficientes</li><li>- Diferentes projectos e diferentes materiais no seu fabrico;</li><li>- Sensíveis ao manuseamento</li><li>- Defeitos internos nem sempre são visíveis</li></ul>
Resina	<ul style="list-style-type: none"><li>- Baixo custo</li><li>- Baixo peso</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Mau desempenho face à poluição</li><li>- Erosão da superfície em climas húmidos</li><li>- Tempo de vida variável</li></ul>

Normalmente, em zonas de elevado nível de poluição, a borracha de silicone irá ter um desempenho superior face a contornamentos, caso estiver bem dimensionada. No entanto, em casos excepcionais de níveis elevados de poluição, a borracha de silicone poderá perder as suas propriedades hidrofóbicas, levando à erosão do material.

Em zonas de baixo nível de poluição, os isoladores de borracha de silicone evitam a presença de correntes de fuga, levando a um nível baixo de envelhecimento.



Um isolador com o invólucro em borracha de EPDM (Etileno Propileno Dieno) tem reduzidas características hidrofóbicas, sendo vulnerável a uma actividade disruptiva. No entanto, o EPDM é normalmente mais resistente à erosão por correntes de fuga do que a borracha de silicone.

Alguns cuidados deverão ser tomados em conta, nas afirmações genéricas que se fazem sobre o desempenho dos vários materiais. De facto, poderão existir grandes diferenças no envelhecimento e na manutenção das características hidrofóbicas na mesma família de materiais, devido às diferenças da composição da borracha e nos processos de fabrico. Na Tabela 6-2, são apresentadas algumas linhas gerais relativo à selecção dos invólucros de isoladores para o meio ambiente em Portugal Continental.

**Tabela 6-2 – Materiais de isolantes que são utilizados em diferentes aplicações**

<b>Aplicação</b>	<b>Materiais propostos</b>
Isoladores	<ul style="list-style-type: none"><li>- Porcelana e vidro são aceitáveis;</li><li>- Epóxido não é aceitável;</li><li>- Borracha de silicone (SiR) ou porcelana com aplicação de borracha de silicone vulcanizada podem ser utilizados em zonas poluídas, o EPDM deve ser evitado;</li><li>- EPDM e SiR podem ser utilizados em zonas não-poluídas.</li></ul>
Descarregadores de sobretensões	<ul style="list-style-type: none"><li>- Descarregadores com invólucros poliméricos são preferenciais;</li><li>- SiR em ambientes poluídos;</li><li>- EPDM e SiR podem ser utilizados em zonas não-poluídas .</li></ul>
Equipamento de isolamento	<ul style="list-style-type: none"><li>- Porcelana é aceitável;</li><li>- Epóxido não é aceitável;</li><li>- Borracha de silicone (SiR) ou porcelana com aplicação de borracha de silicone vulcanizada podem ser utilizados em zonas poluídas;</li><li>- EPDM e SiR podem ser utilizados em zonas não-poluídas</li></ul>



## 7 COORDENAÇÃO DE ISOLAMENTO EM LINHAS ELÉCTRICAS AÉREAS

### 7.1 Filosofia

As descargas atmosféricas directas às linhas ou na sua proximidade são o parâmetro dominante para o dimensionamento do isolamento da linha. Os aspectos mais importantes para a coordenação de isolamento são os seguintes:

- O desempenho da linha em termos de interrupções devido a descargas atmosféricas directas;
- O desempenho da linha em termos de interrupções devido a sobretensões induzidas por descargas atmosféricas indirectas (descargas atmosféricas na vizinhança da linha);
- A amplitude das sobretensões atmosféricas que se propagam ao longo da linha e que podem solicitar o isolamento do equipamento instalado na linha.

O desempenho das linhas aéreas de distribuição face a descargas atmosféricas pode ser influenciado pela:

- Instalação de cabos de guarda;
- Um bom eléctrodo de terra na base dos apoios das linhas aéreas;
- Selecção do nível de isolamento da linha;
- Presença de descarregadores (em transformadores e outros equipamentos da linha) ao longo da linha.

A Figura 7-2 apresenta como os aspectos anteriormente mencionados se relacionam uns com os outros, num processo de coordenação de isolamento. Pela análise conclui-se o seguinte:

- Cabos de guarda: O papel dos cabos de guarda é o de interceptar as descargas atmosféricas directas à linha de modo a proteger os condutores de fase. Dado que as resistências de terra dos apoios não são suficientemente baixas, todas as descargas directas ao cabo de guarda irão originar um contornamento inverso, e conseqüente disparo da linha. No entanto a utilização de cabos de guarda tem um grande impacto na amplitude das sobretensões induzidas de origem atmosférica. A Figura 7-1 mostra que o desempenho de uma linha equipada com cabos de guarda face a sobretensões induzidas originadas por descargas atmosféricas indirectas é superior a uma linha aérea sem cabo de guarda.
- Nível de isolamento: Em linhas aéreas MT sem cabos de guarda assume-se que as descargas atmosféricas directas irão causar o contornamento da cadeia de isoladores. A selecção do nível de isolamento irá apenas afectar o desempenho da linha em termos de sobretensões induzidas de origem atmosférica. A relação entre o nível de isolamento e a taxa de disparos de linha expectável é apresentado na Figura 7-3 para linhas típicas da EDP Distribuição. Os resultados mostram uma melhoria em cerca de 50% no desempenho se o nível de isolamento aumentar de 170kV para 250 kV [31]. Acima dos 250 kV a linha aérea de distribuição irá suportar quase todas as sobretensões induzidas por descarga atmosférica indirecta – ver Figura 7-1. Note-se que as solicitações dieléctricas do equipamento ligado a uma linha aumentam à medida que o nível de isolamento deste também aumenta. Quando o nível de isolamento é baixo, irão ocorrer múltiplos contornamentos limitando a sobretensão que se propaga ao longo da linha. As linhas de distribuição totalmente isoladas através de apoios de madeira (nível de isolamento > 1MV) têm um maior número de avarias em descarregadores do que em outras linhas com a mesma exposição a descargas atmosféricas, embora com um nível de isolamento mais baixo.

Note-se que o nível de isolamento seleccionado deverá ser mantido em todas as estruturas, ou então é necessário especificar quais as medidas a serem tomadas nos pontos mais fracos, de modo a garantir que o desempenho da linha não seja afectado negativamente. Além disso, dado que os contornamentos ocorrem nos pontos mais fracos do ponto de vista de isolamento, os mesmos concentram-se em locais específicos.

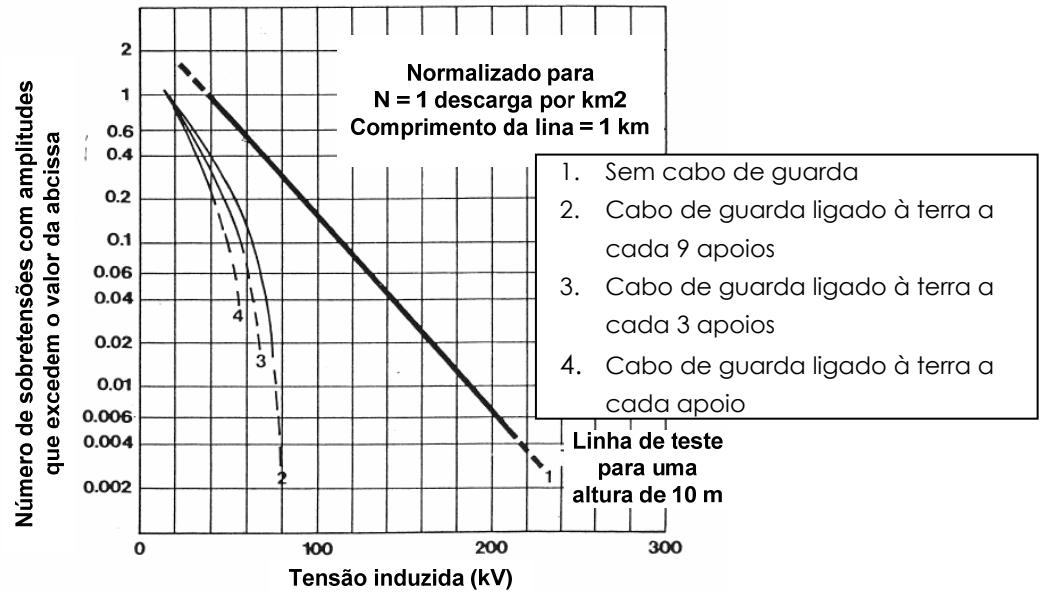
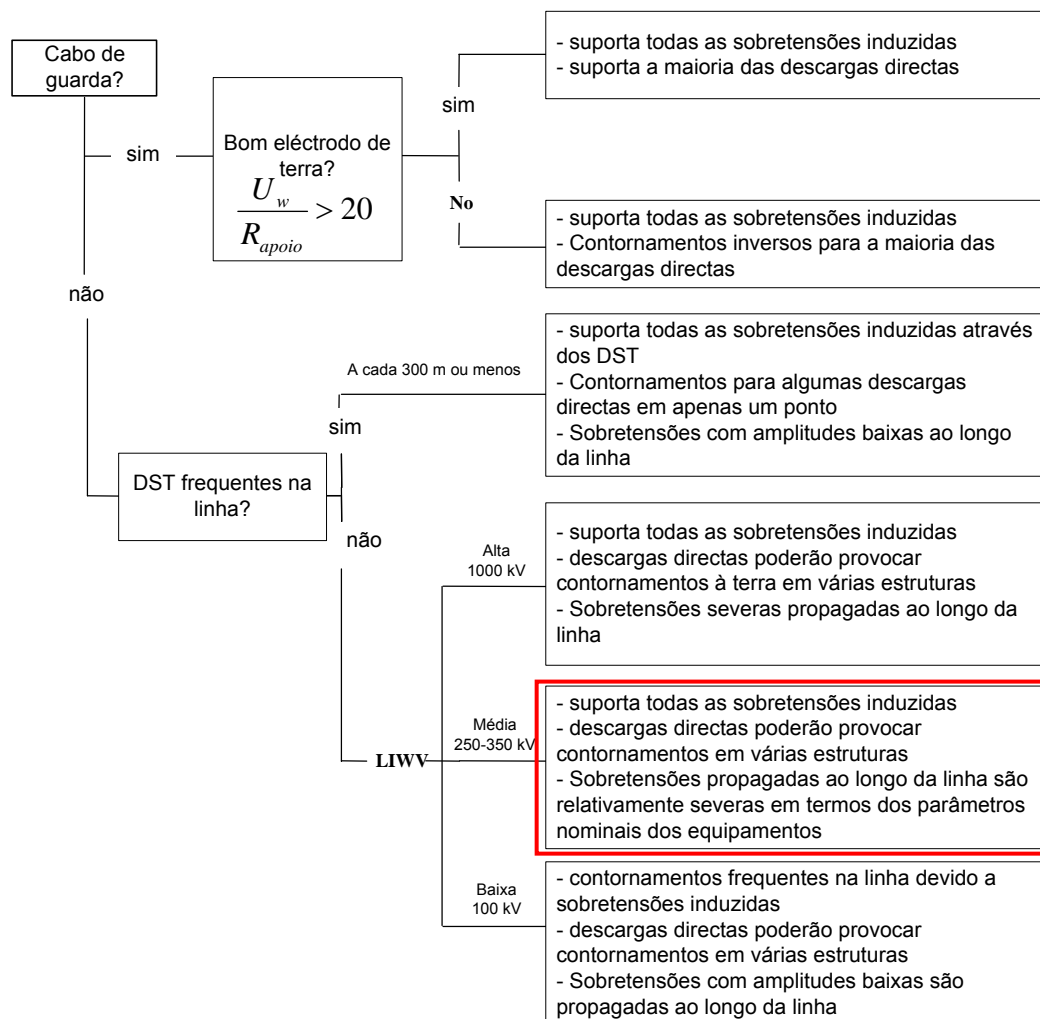
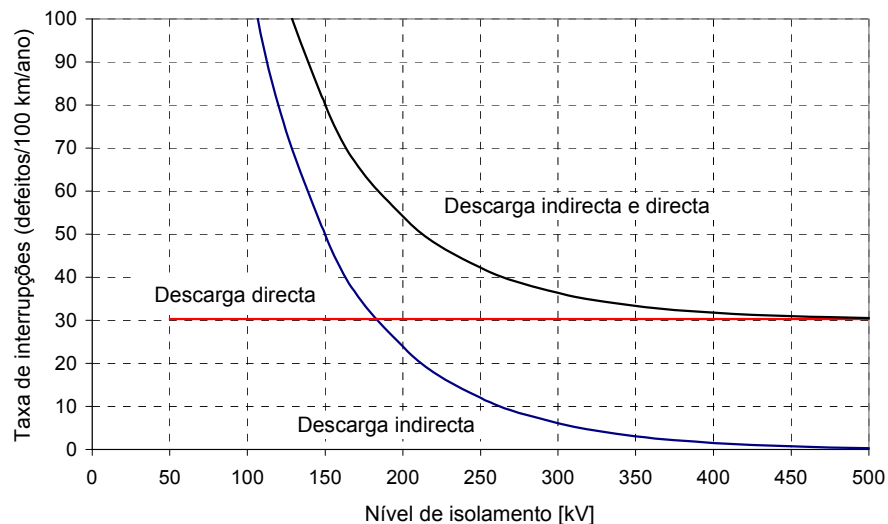


Figura 7-1 – Sobretensões induzidas em linhas aéreas de distribuição com e sem cabos de guarda [7]



Nota: Foi adoptada o nível de isolamento de 250 kV (ver tabelas 3-3 e 3-5)

Figura 7-2 – Perspectiva da coordenação de isolamento em linhas aéreas da rede de distribuição [8]



**Figura 7-3 – Estimativa do número de contornamentos por descarga directa e indirecta em função do nível de isolamento da linha [31]**

## 7.2 Estruturas Normalizadas

Tendo em conta os níveis de desempenho desejados e após os estudos efectuados, optou-se por isolar todas as linhas eléctricas aéreas de MT para uma tensão suportável ao choque atmosférico de 250 kV. Para atingir este objectivo, várias configurações típicas de estruturas de derivação foram analisadas e optimizadas. Os desenhos da maioria das estruturas em utilização e objecto deste estudo encontram-se no Anexo H. Todas as novas estruturas deverão obedecer a estes requisitos.

De acordo com os ensaios em laboratório, foram identificadas as cadeias de isoladores com um nível de isolamento de 250 kV. Os conjuntos são apresentados na Tabela 7-1 e Tabela 7-2 para cada nível de tensão e tendo em conta a secção do condutor. Os isoladores com uma linha de fuga adicional deverão ser utilizados em zonas junto à costa onde o nível de poluição é muito forte.

O nível de isolamento e as distâncias de isolamento especificadas são apresentados na secção 3.4 respectivamente. Quando se realiza uma intervenção para elevar o nível de isolamento para 250 kV de uma estrutura, é importante ter em conta os seguintes aspectos:

- Assegurar que as distâncias de isolamento críticas estão de acordo com as distâncias mínimas especificadas e tendo em conta as condições máximas de oscilação do condutor;
- Assegurar que as ligações são feitas de tal modo que as cadeias de suspensão estejam sempre em tensão mecânica. Se for necessário, dever-se-à utilizar isoladores rígidos de eixo horizontal (com uma tensão suportável ao choque atmosférico de 250 kV) para evitar forças de compressão na cadeia;
- Dar preferência a isoladores de eixo horizontal na execução dos arcos de ligação, para manter sempre as mesmas distâncias de isolamento.

Tabela 7-1 – Cadeias de isoladores normalizadas para diferentes aplicações – parte 1 [14]

Secção do condutor	50 mm <sup>2</sup> e 90 mm <sup>2</sup>				160 mm <sup>2</sup>			
	Médio (20 mm/kV)		Muito Forte (31 mm/kV)		Médio (20 mm/kV)		Muito Forte (31 mm/kV)	
Trajecto da linha <sup>2)</sup>	Normal	Reforço	Normal	Reforço	Normal	Reforço	Normal	Reforço
10 kV ou 15 kV	3x U70BS	3x U100BLP	3x U70BS	3x U100BLP	3x U70BS	3x U100BLP	3x U70BS	3x U100BLP
30 kV	3x U70BS	3x U100BLP	3x U100BLP	3x U100BLP +HA1	3x U70BS	3x U100BLP	3x U100BLP	3x U100BLP+HA1
60 kV	-	-	-	-	6x U70BS +HA1+HA2	6x U70BS +HA1+HA2	6x U100BLP +HA1+HA2	6x U100BLP +HA1+HA2

<sup>1)</sup> Zonas até cerca de 3-5 km da costa são consideradas com um nível de poluição "Muito Forte"

<sup>2)</sup> Por imposições regulamentares, as hastes de guarda só são utilizadas na linhas aéreas MT, nas seguintes situações: Até 15 kV, quando existirem mais de 4 apoios de reforço (travessias de estrada, linhas de comunicação, linhas eléctricas, áreas públicas, etc), a cadeia de isoladores no 5º apoio deverá ser obrigatoriamente equipado com hastes de guarda; Nos 30 kV, em zonas de poluição muito forte e nas situações de reforço, bem como nas mesmas circunstâncias do ponto anterior

Tabela 7-2 – Cadeias de isoladores normalizadas para diferentes aplicações – parte 2 [14]

Secção do condutor	235 mm <sup>2</sup>				325 mm <sup>2</sup>	
	Médio (20 mm/kV)		Muito Forte (31 mm/kV)		Médio (20 mm/kV)	Muito Forte (31 mm/kV)
Trajecto da linha <sup>2)</sup>	Normal	Reforço	Normal	Reforço	Normal / Reforço	Normal / Reforço
10 kV ou 15 kV	3x U100BS	3x U100BLP	3x U100BS	3x U100BLP	-	-
30 kV	3x U100BS	3x U100BLP	3x U100BLP	3x U100BLP+HA1	-	-
60 kV	6x U100BS +HA1+HA2	6x U100BS +HA1+HA2	6x U100BLP +HA1+HA2	6x U100BLP +HA1+HA2	6x U100BS +HA1+HA2	6x U100BLP +HA1+HA2

<sup>1)</sup> Zonas até cerca de 3-5 km da costa são consideradas com um nível de poluição "Muito Forte"

<sup>2)</sup> Por imposições regulamentares, as hastes de guarda só são utilizadas na linhas aéreas MT, nas seguintes situações: Até 15 kV, quando existirem mais de 4 apoios de reforço (travessias de estrada, linhas de comunicação, linhas eléctricas, áreas públicas, etc), a cadeia de isoladores no 5º apoio deverá ser obrigatoriamente equipado com hastes de guarda; Nos 30 kV, em zonas de poluição muito forte e nas situações de reforço, bem como nas mesmas circunstâncias do ponto anterior

### 7.3 Protecção contra sobretensões de equipamento de linha

Os equipamentos instalados numa linha aérea com um nível de isolamento de 250 kV, irão necessitar de dispositivos de protecção contra sobretensões visto que a sua tensão suportável ao choque atmosférico será inferior ao da linha. O equipamento será sujeito a sobretensões atmosféricas de maior amplitude, visto que os contornamentos na linha não irão limitar as sobretensões induzidas. Para evitar contornamentos nos locais onde os equipamentos estão instalados deverão ser instalados descarregadores de sobretensões.

A Tabela 7-3 apresenta a lista de prioridades para a instalação de descarregadores nos equipamentos de linha, para evitar solicitações adicionais. Na referida tabela a instalação de descarregadores é prioritizada devido ao elevado número de instalações envolvidas. Considera-se impraticável e dispendioso instalar descarregadores em todos os locais. A prioridade mais elevada é dada ao equipamento que possa falhar internamente, provocando um defeito permanente, se for sujeito a sobretensões mais elevadas. A prioridade mais baixa é dada ao equipamento com um isolamento que tenha um menor risco de ocorrer um defeito permanente. No último caso será apenas necessário instalar descarregadores se o número de interrupções naquele troço de linha for inaceitável.

**Tabela 7-3 – Necessidade de instalação de descarregadores de sobretensões em equipamento de linhas aéreas**

<b>Tipo de Equipamento</b>	<b>Prioridade de protecção</b>	<b>Observações</b>
OCR – órgãos de corte de rede <sup>2)</sup>	Muito alta	Instalar em ambos os lados do equipamento
Transformadores <sup>2)</sup>	Muito alta	Ver secção 8
Troços de cabo <sup>2)</sup>	Muito alta	Instalar nas duas extremidades do cabo
Interruptores-seccionadores <sup>1) 2)</sup>	Variável	Instalar descarregadores em função da experiência do terreno
Seccionadores <sup>1) 2)</sup>	Variável	Instalar descarregadores em função da experiência do terreno

<sup>1)</sup> Normalmente nos seccionadores abertos irão ocorrer mais contornamentos do que se estivessem fechados.

<sup>2)</sup> A instalação de descarregadores para protecção do equipamento deverá ser acompanhada da verificação dos valores das resistências de terra, ver secção 4

## 8 COORDENAÇÃO DE ISOLAMENTO EM POSTOS DE TRANSFORMAÇÃO MT/BT

Existem três tipos de postos de transformação MT/BT (PT) instalados nas redes aéreas MT da EDP Distribuição apresentados na Figura 8-1 e que são:

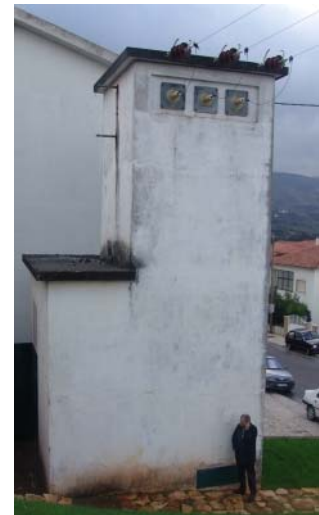
- PT Aéreos;
- PT de Cabina Baixa;
- PT de Cabina Alta.



PT aéreo



PT de Cabina Baixa



PT de Cabina Alta

**Figura 8-1 – Diferentes instalações de Postos de Transformação**

A experiência na EDP Distribuição tem mostrado que estes postos de transformação são vulneráveis a sobretensões, avariando muitos transformadores MT/BT ao longo dos anos. Principalmente, os transformadores aéreos apresentaram taxas muito elevadas de avarias, com 317 transformadores avariados em 2 anos [19]. Uma análise aos dados de avarias de transformadores mostram que aproximadamente:

- 23% de todos os transformadores avariaram devido a descargas atmosféricas;
- 21% das avarias deveu-se a um defeito de isolamento interno.

O desempenho da rede eléctrica da EDP Distribuição pode ser melhorado significativamente através de uma adequada protecção contra sobretensões nos transformadores MT/BT. Nas secções seguintes inclui-se uma descrição geral de cada tipo de posto de transformação e as respectivas conclusões. As orientações gerais para a instalação de descarregadores de sobretensões podem ser encontradas na secção 4.

## 8.1 Postos de Transformação Aéreos

### 8.1.1 Descrição do sistema

A Figura 8-2 apresenta a configuração típica de um posto de transformação aéreo em Portugal. Uma visão geral desta instalação é apresentada na Figura 8-3. Os seguintes componentes podem ser identificados:

- Terra de protecção: a ligação do PT à terra deverá assegurar tensões de contacto seguras;
- Quadro Geral de Baixa Tensão (QGBT): as ligações aos clientes BT são realizadas a partir do QGBT;
- Condutores de fase e neutro: Ligação aos clientes BT;
- Terra de serviço: a primeira ligação do neutro à terra nas primeiras dezenas de metros a partir do PT aéreo para garantir terras distintas (protecção e de serviço);
- Terra de neutro: o condutor de neutro é ligado à terra a cada 200-300 metros na rede BT;
- Terra global de neutro: corresponde à resistência global das ligações do neutro à terra.



Figura 8-2 – Posto de transformação aéreo



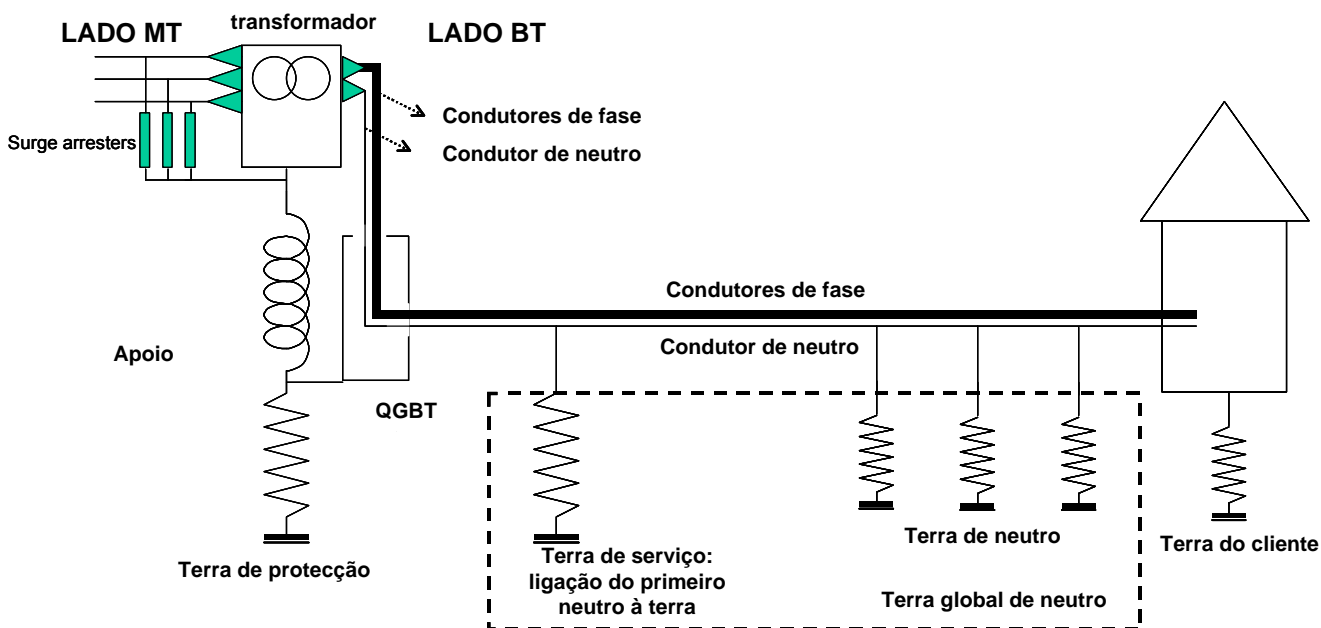


Figura 8-3 – Diagrama de um PT aéreo com as terras de protecção e de serviço separadas

Os descarregadores são instalados no lado MT dos transformadores MT/BT para a protecção contra sobretensões oriundas da linha MT. No lado BT do transformador não são instalados descarregadores. O QGBT é instalado junto à base do apoio de betão e ligado directamente à terra de protecção, para garantir que um baixo valor da tensão de contacto na proximidade do QGBT, assim como para garantir a equipotencialidade de todas as massas da instalação.

### 8.1.2 Terra única “versus” terras distintas

Numa rede de terras distintas e em condições normais de funcionamento, a terra de protecção e a terra de serviço estão separadas electricamente entre si. Numa rede de terra única, a terra de protecção do lado MT encontra-se electricamente ligada à terra de serviço do lado BT. A Tabela 8-1 apresenta as vantagens e desvantagens para as duas soluções de ligações à terra. Os factores relevantes são os seguintes:

- A corrente de defeito à terra está relacionada com a filosofia do regime de neutro. Numa grande parte da rede MT da EDP Distribuição, a corrente de defeito à terra é limitada aos 300 A;
- Condições de estabelecimento de terras (obtenção de um valor de resistência de terra inferior ou igual a 1  $\Omega$ , de acordo com a regulamentação aplicável);
- Exposição ao público.

O processo de decisão sobre as terras de protecção e de serviço únicas ou distintas foi formalizada pelos países europeus no documento de harmonização HD 637 S1 [20]. Mais detalhes podem ser encontrados no Anexo C.

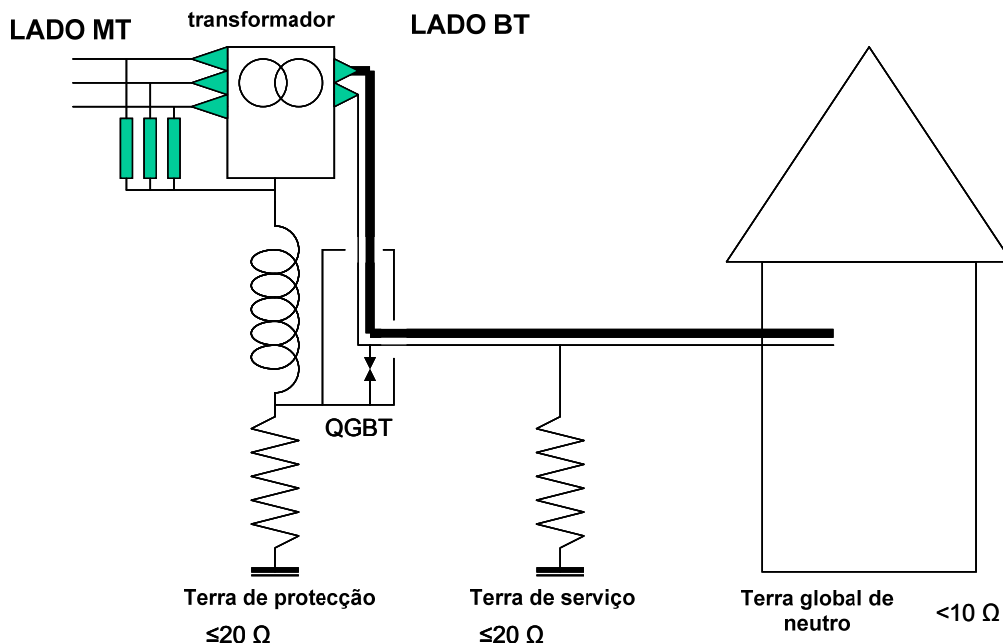
Tabela 8-1 – Terra única vs. distintas

Tópico	Terra única	Terras distintas
Segurança do equipamento	O transformador e o QGBT estão melhor protegidos contra sobretensões	O isolamento do transformador e do QGBT será mais solicitado face a sobretensões
Segurança de pessoas	Maior risco de transferência do potencial de terra para os clientes BT no caso de ocorrer uma sobretensão na rede MT	Menor risco expectável de problemas em clientes BT



### 8.1.3 Implementação na rede da EDP Distribuição

Nos PT aéreos da EDP Distribuição, as terras de protecção e de serviço encontram-se separadas como se apresenta na Figura 8-4.



**Figura 8-4 - Recomendações para protecção de PT em novas situações**

As principais características desta configuração são as seguintes:

- A tensão de contacto no QGBT é baixa;
- Não existe nenhuma diferença de potencial entre o QGBT e o poste;
- O equipamento no QGBT passará a estar protegido por um explosor. O risco de passagem a terra única devido à avaria de equipamento é baixo e o explosor permite estabelecer um ponto preferencial de escorvamento durante condições transitórias excepcionais. A principal desvantagem da passagem a terra única é a transferência da elevação do potencial de terra para os clientes. Para prevenir esta condição, a terra de protecção deverá ter um valor inferior a  $20 \Omega$ , de acordo com a regulamentação aplicável.

A configuração proposta está em linha com as práticas internacionais para a protecção de postos de transformação aéreos face a descargas atmosféricas (por exemplo, Alemanha, Espanha, França, Suécia e África do Sul).

#### 8.1.3.1 Novas instalações

Para as novas instalações é necessário considerar os níveis de isolamento do equipamento para os valores mínimos apresentados na Tabela 8-2.

**Tabela 8-2 – Níveis de isolamento da baixa tensão**

	Nível de isolamento BT		Nível de protecção BT	
	AC (50 Hz)	U <sub>w</sub>	AC (50 Hz)	U <sub>w</sub>
Transformador	10 kV	30 kV	--	--
QGBT	10 kV	20 kV	--	--
Explosor no QGBT	--	--	8 kV	18 kV

Os seguintes pontos deverão ser tidos em conta:

- O QGBT deverá ser equipado com um explosor entre o neutro BT e a terra de protecção local. Este explosor terá como função proteger o equipamento BT, assim como proteger o isolamento BT do transformador;
- Nos transformadores MT/BT o contornamento deverá ocorrer no ar e não internamente. Esta situação deverá ser confirmada através de ensaios laboratoriais;
- Os descarregadores de sobretensões deverão ser instalados no lado MT dos transformadores MT/BT. Os condutores de ligação dos descarregadores deverão ser os mais curtos possíveis e pelo menos menores que os valores limites apresentados na Tabela 8-3. A instalação de descarregadores é discutida na secção 4.

**Tabela 8-3 – Distâncias de protecção máximas estimadas para o equipamento instalado em linhas MT**

Tensão nominal, $U_n$ [kV]	$d_1 + d$ [m]	$d_A$ [m]	$d_2$ [m]	Distância total, $L_p$ [m]
10	2,7	0,3	0	< 3 m
15	3,5	0,5	0	< 4 m
30	6,3	0,7	0	< 7 m

#### 8.1.3.2 Instalações existentes

- Para melhorar a protecção do lado MT dos transformadores MT/BT, os descarregadores de carboneto de silício deverão ser substituídos por descarregadores de óxido de zinco com condutores de ligação curtos. Para mais informação consultar a secção 4;
- Os descarregadores de óxido de zinco deverão ser instalados sem outros elementos de protecção, tais como hastes de guarda instaladas nas travessias dos transformadores;
- Retirar as hastes de guarda dos transformadores MT/BT sempre que estejam instalados descarregadores de óxido de zinco;
- Aquando da avaria de um transformador MT/BT ou de um QGBT, apenas o elemento avariado tem de ser substituído.

#### 8.1.3.3 Ligação à terra

A terra de protecção do PT deverá ser igual ou inferior a 20  $\Omega$ . A terra global de neutro deverá ser igual ou inferior a 10  $\Omega$ . A resistência de terra da primeira ligação à terra do neutro (no mínimo a 20 metros do PT) deverá ser inferior a 20  $\Omega$  de modo a melhorar a protecção dos clientes devido à transferência do potencial de terra da rede MT. O projecto da rede de terras encontra-se fora do âmbito do guia e deverá ser analisado num projecto separado.

## 8.2 Posto de Transformação de Cabina Baixa

### 8.2.1 Descrição do sistema

Na Figura 8-5 é apresentado um esquema de um posto de transformação de cabina baixa, alimentado pela rede aérea. Neste tipo de instalação, a ligação da linha ao PT é realizada através de um cabo subterrâneo. A presença do cabo subterrâneo oferece uma protecção contra sobretensões, visto que apenas uma parte da sobretensão incidente se propaga pelo cabo subterrâneo devido à sua menor impedância de onda. Para comprimentos de cabo curtos, é suficiente ter apenas descarregadores instalados na transição aéreo-subterrânea. Para comprimentos de cabo longos, devido às reflexões das sobretensões no transformador, recomenda-se a instalação de descarregadores aos terminais do transformador.

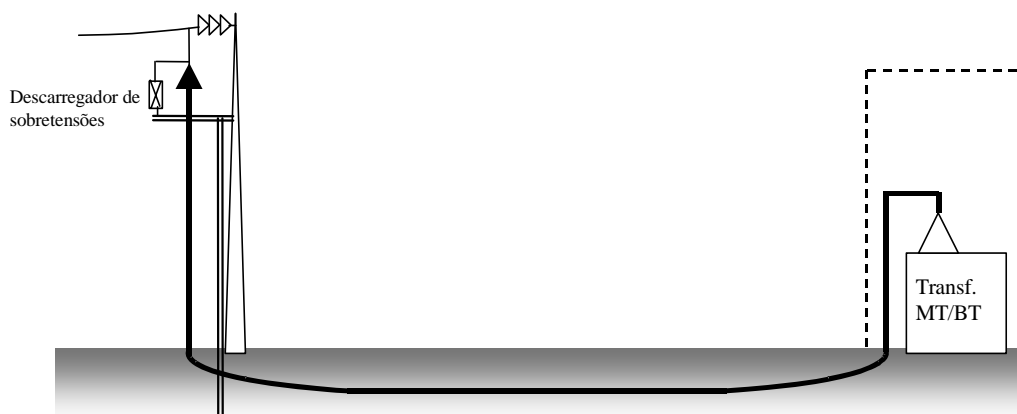


Figura 8-5 - Posto de transformação de cabina baixa

Os resultados de um inquérito realizado pela EDP Distribuição sobre o comprimento dos cabos subterrâneos são apresentados na Figura 8-6, concluindo-se que cerca de 80% dos cabos têm um comprimento inferior a 200m. Os dados foram obtidos através da inspecção de 8 linhas em Portugal Continental no ano de 2005.

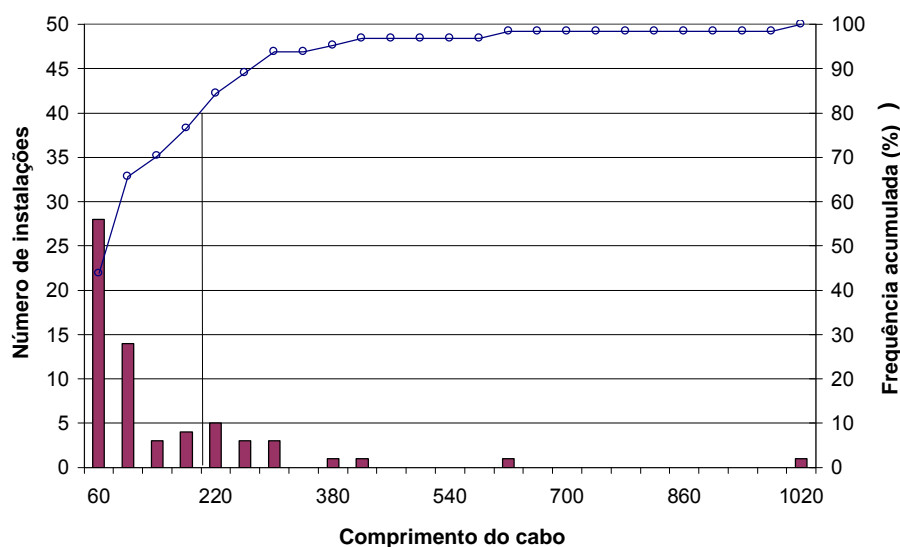


Figura 8-6 – Comprimento do cabo subterrâneo entre o transformador e o primeiro apoio MT

No relatório da LABLEC [16], conclui-se que apenas as descargas atmosféricas directas ao último vão da linha aérea é que poderão constituir uma ameaça para os transformadores, visto que os contornamentos na linha irão limitar a amplitude das sobretensões incidentes.

## 8.2.2 Implementação na rede da EDP Distribuição

Tendo por base o estudo da LABLEC as seguintes recomendações poderão ser feitas:

### 8.2.2.1 Novas instalações

Para as novas instalações é necessário considerar os níveis de isolamento do equipamento para os valores mínimos apresentados na Tabela 8-4.

**Tabela 8-4 – Níveis de isolamento da baixa tensão**

	Nível de isolamento BT <sup>1)</sup>		Nível de protecção BT	
	AC (50 Hz)	Uw	AC (50 Hz)	Uw
Transformador	10 kV	30 kV	--	--
QGBT	10 kV	20 kV	--	--
Explosor no QGBT	--	--	8 kV	18 kV

<sup>1)</sup> até à data os níveis de isolamento no enrolamento BT dos transformadores MT/BT apenas foram especificados para potências inferiores ou iguais a 250 kVA

Os seguintes pontos deverão ser tidos em conta:

- O QGBT deverá ser equipado com um explosor entre o neutro BT e a terra de protecção local. Este explosor terá como função proteger o equipamento BT, assim como proteger o isolamento BT do transformador;
- Nos transformadores MT/BT o contornamento deverá ocorrer nas travessias BT e não internamente pelo óleo;
- Não é necessário instalar descarregadores no lado BT dos transformadores;
- Os descarregadores são necessários em transições aéreo-subterrâneas e em transformadores de potência para os comprimentos de cabo apresentados na Tabela 8-5. Estes valores baseiam-se num factor de blindagem das linhas de 2/3. As figuras apresentadas no Anexo D mostram a taxa de avarias expectável em transformadores em função do comprimento de cabo nas redes de 10, 15 e 30 kV. As figuras apresentam também os resultados se se considerar um factor de blindagem das linhas de zero ou 1/3. Estes resultados constam dos relatórios da LABLEC [16].
- As instalações deverão ser projectadas para garantir um comprimento de cabo mais curto possível;
- Do ponto de vista da coordenação de isolamentos recomenda-se que a blindagem dos cabos sejam ligadas à terra nas duas extremidades. Apenas em casos excepcionais, quando existe o risco de ocorrer uma sobrecarga térmica devido à circulação de corrente nas blindagens, é que será recomendável ligar apenas a extremidade do lado do transformador à terra. Nesta situação o descarregador de sobretensões de blindagem deverá ser ligado na extremidade que não se encontra ligada à terra. As características deste tipo de descarregador são apresentadas na secção 4.2 .

Tabela 8-5 – Soluções normalizadas para os postos de transformação de cabina baixa

Tensão nominal, $U_n$ [kV]	Comprimento do cabo, $L_c$ [m]	Descarregadores na transição aéreo- subterrânea	Descarregadores no(s) transformador(es)
10 kV e 15 kV	$L_c < 50$ m	Obrigatório	Não Obrigatório
	$L_c \geq 50$ m	Obrigatório	Obrigatório
30 kV	$L_c < 70$ m	Obrigatório	Não Obrigatório
	$L_c \geq 70$ m	Obrigatório	Obrigatório

- Os comprimentos dos condutores de ligação dos descarregadores deverão ser os mais curtos possíveis, e pelo menos inferior às distâncias limite apresentadas na Tabela 8-6 (ver secção 4.6).

Tabela 8-6 – Distâncias de protecção máximas estimadas para as transições aéreo-subterrâneas

Tensão nominal, $U_n$ [kV]	$d_1 + d$ [m]	$d_A$ [m]	$d_2$ [m]	Distância total, $L_p$ [m]
10	2,7	0,3	0	< 3 m
15	3,5	0,5	0	< 4 m
30	6,3	0,7	0	< 7 m

#### 8.2.2.2 Instalações existentes

- Todos os descarregadores de carboneto de silício deverão ser substituídos por descarregadores de Óxido de Zinco com condutores de ligação curtos. Os comprimentos máximos dos condutores de ligação são apresentados na Tabela 8-6;
- Os descarregadores de óxido de zinco deverão ser instalados em transições aéreo-subterrâneas, quando não existirem dispositivos de protecção ou equipados com hastes de guarda;
- As hastes de guarda deverão ser retiradas das travessias dos transformadores sempre que existirem descarregadores de óxido de zinco instalados;
- Os QGBT existentes não deverão ser retirados de serviço. Quando for instalado um novo QGBT (com níveis de isolamento mais elevados) não é necessário substituir o transformador;
- Aquando da avaria de um transformador MT/BT ou de um QGBT, apenas o elemento avariado tem de ser substituído.

### 8.3 Posto de Transformação de Cabina Alta

#### 8.3.1 Descrição do sistema

A Figura 8-7 apresenta uma fotografia e o esquema de um posto de transformação de cabina alta instalado na rede da EDP Distribuição. No esquema é possível observar os diferentes componentes que fazem parte da instalação. Os transformadores MT/BT são muitas vezes protegidos por hastes de guarda montadas nas travessias MT dos transformadores, assim como, através de descarregadores (por vezes com descarregadores de SiC) instalados no exterior ou no interior do edifício. Os descarregadores quando são instalados no interior do edifício encontram-se localizados a jusante do seccionador, tal como se apresenta na Figura 8-7.

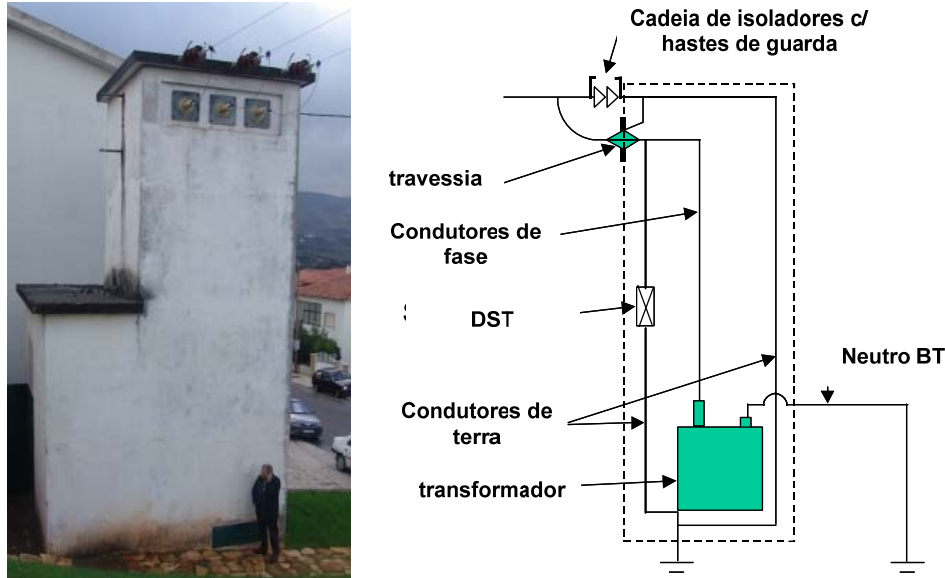


Figura 8-7 – Posto de transformação de cabina alta

A experiência tem demonstrado que este tipo de instalações tem alguns problemas ao nível da coordenação de isolamento:

- As hastes de guarda nas travessias dos transformadores não são aplicadas consistentemente;
- Num dos estudos realizados [15] demonstrou-se que a localização do descarregador não é a ideal para proteger o transformador e o passa-muros;
- Os passa-muros feitos em resina epóxida apresentam um elevado nível de disrupção por bandas secas (descargas parciais) levando à deterioração do isolamento e a um número elevado de contornamentos;
- Muitos destes edifícios apresentam muitos outros problemas que afectam o desempenho do equipamento eléctrico tais como, condensação, humidade e inundações.

### 8.3.2 Implementação na rede da EDP Distribuição

Hoje em dia, este tipo de instalações já não são construídas, havendo no entanto uma população significativa que ainda se encontra em serviço. As intervenções neste tipo de instalações devem ter em conta os seguintes factores:

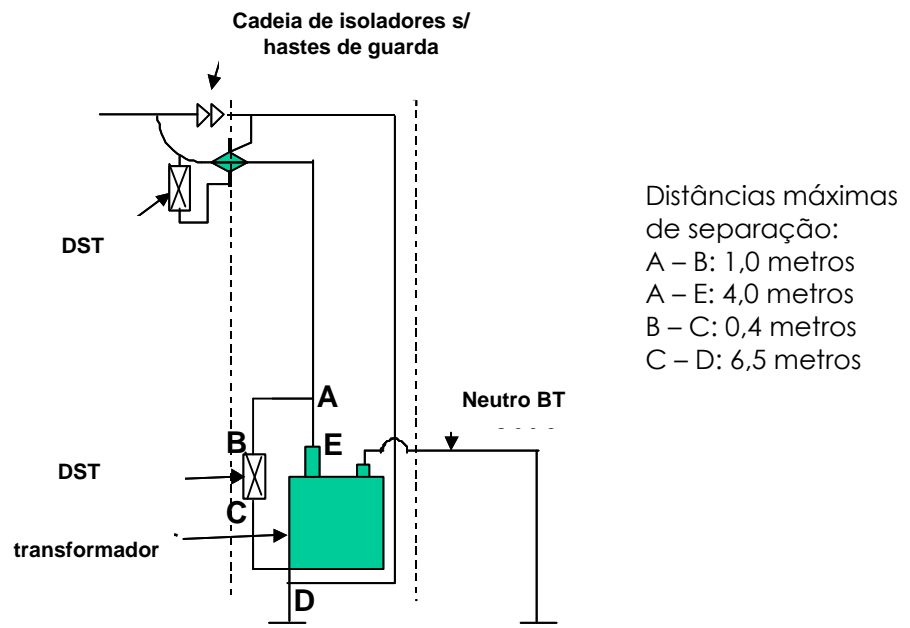
- Normalização existente de postos de transformação MT/BT;
- Tipo de isolador de travessia (passa-muros);
- Estado e idade do equipamento (interruptor, transformador);
- Estado de conservação do edifício;
- Localização (rural ou urbana).

Para eliminar os eventuais problemas em postos de transformação de cabina alta e com base no disposto em [17], são consideradas as seguintes soluções:

- Abandonar o edifício de cabina alta e substituir por uma nova instalação de posto de transformação. A escolha do tipo de instalação depende da carga expectável do transformador ou das condições ambientais. Tipicamente, os postos de transformação aéreos

são instalados nas áreas rurais e semi-rurais sendo que os postos de transformação de cabina baixa são preferencialmente instalados em zonas urbanas;

- Instalar no exterior do edifício um conjunto de descarregadores adicionais, próximo dos passa-muros, sendo que os descarregadores instalados no interior do edifício deverão ser colocados mais próximos das travessias do transformador, ver [15] e [24]. Esta opção é apresentada na Figura 8-8 (para mais detalhes ver o anexo E). Note-se que os descarregadores instalados nos passa-muros são ligados aos terminais de terra da armação de fixação.



**Figura 8-8 – Configuração ideal para a protecção contra sobretensões de postos de transformação de cabina alta**

- A instalação é modificada para ficar semelhante aos PT de cabina baixa. Neste caso as travessias e os condutores de ligação são substituídos por cabos isolados, desde a transição aérea até aos terminais da cela. Neste caso o PT é remodelado, com a instalação de um bloco de rede em anel de uma só função - combinado interruptor-seccionador-fusíveis com ligação por terminações amovíveis (fichas).
- São consideradas três opções para melhorar o desempenho dos passa-muros em resina epóxida:
  - o 1) aplicação no local, de borracha de silicone vulcanizada para melhorar o desempenho do isolador face a contornamentos;
  - o 2) Idem, mas aplicada em estaleiro
  - o 3) Substituição dos isoladores de resina epóxida por isoladores de porcelana.



**Figura 8-9 – Isoladores de travessia (vulgo, passa-muros) em resina epóxida**

A EDP Distribuição realizou um estudo técnico-económico, do qual resultou uma matriz de avaliação das várias opções. Os resultados são apresentados em duas tabelas no anexo F. A Tabela F.1 apresenta a eficiência das soluções em função dos problemas existentes nas instalações, enquanto na Tabela F.2 apresenta a adequabilidade, os custos de cada solução, o tempo de vida útil expectável. As soluções propostas foram priorizadas tendo em conta a relação custo-benefício. A matriz de decisão resultante é apresentada na Tabela 8-7 e deverá ser utilizada para cada PT de cabina alta da EDP Distribuição.

**Tabela 8-7 – Matriz de decisão para os transformadores MT/BT de cabina alta**

	Considerações							Solução
	Tipo de Travessia	Necessita de ser substituído por outro equipamento	Problemas de contornos	Humidade no edifício	Localização rural (< 100 kVA)	Localização rural (< 250 kVA)	Semi-urbana	
1	Porcelana	Não	Não	Não	X	X	X	Não fazer nada
2	Resina epóxida	Não	Não	Não	X	X	X	Aplicação de RTV nas travessias
3	Resina epóxida	Sim	Sim ou não	Não	X	X	X	Substituir travessias por cabo e equipamento de corte no ar por corte em SF <sub>6</sub>
4	Porcelana	Não	Sim	Não	X	X	X	Mover os descarregadores para o transformador e aplicar um segundo conjunto de descarregadores
5	Porcelana	Sim	Sim	Não	X	X	X	Substituir travessias por cabo e equipamento de corte no ar por corte em SF <sub>6</sub>
6	Porcelana ou resina epóxida	Sim ou não	Sim ou não	Sim	X	-	-	Posto de transformação aéreo tipo AS (PTAS < 100 kVA)
7	Porcelana ou resina epóxida	Sim ou não	Sim ou não	Sim	-	X	-	Posto de transformação aéreo tipo AI (PTAI < 250 kVA)
8	Porcelana ou resina epóxida	Sim ou não	Sim ou não	Sim	-	-	X	PT de Cabina Baixa (PTCB < 630 kVA)

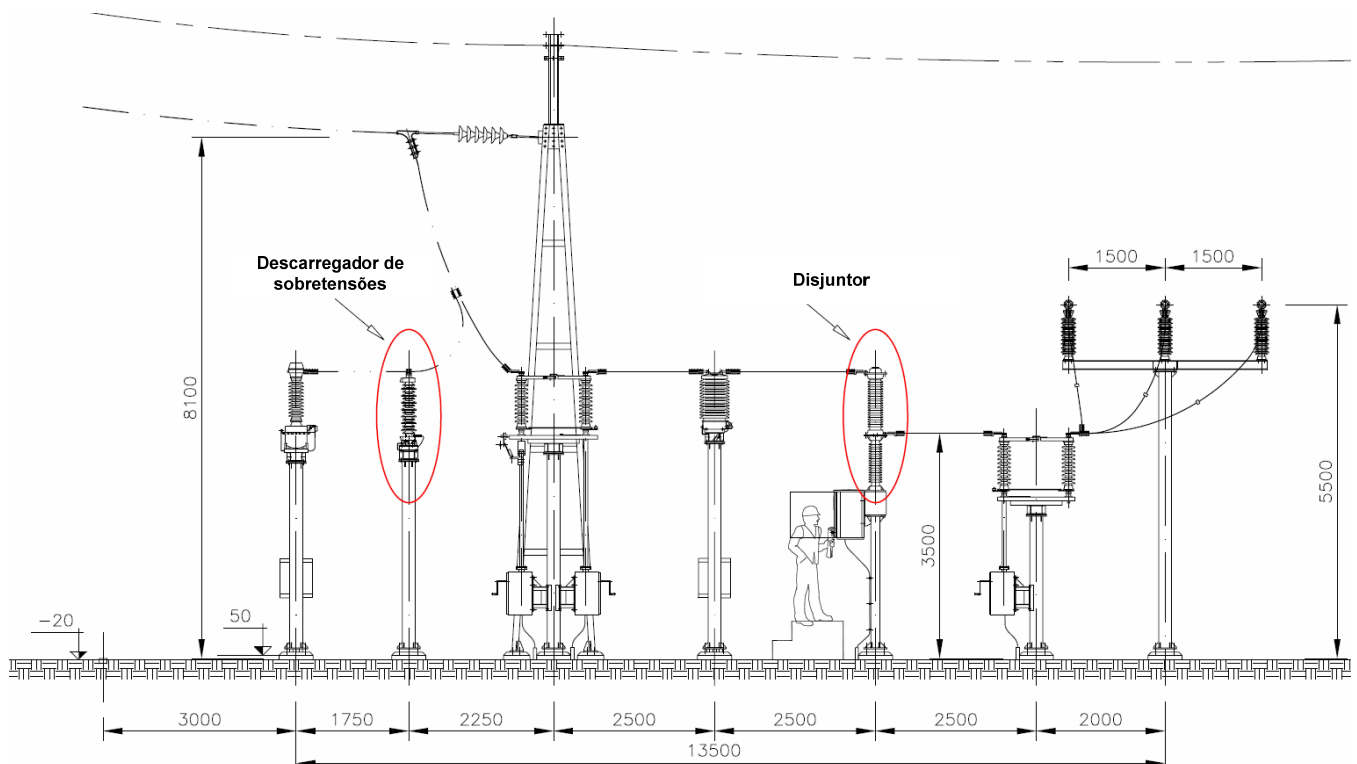


## 9 COORDENAÇÃO DE ISOLAMENTO EM SUBESTAÇÕES AT/MT

### 9.1 Descrição do sistema

As subestações são os pontos críticos do sistema eléctrico. É importante que todo o equipamento esteja protegido adequadamente contra sobretensões, especialmente o equipamento mais dispendioso, como é o caso dos transformadores AT/MT. Também os equipamentos instalados nos painéis de chegada/saída de linhas poderão ser vulneráveis às sobretensões, principalmente os disjuntores de linha que se preveja estarem abertos por longos períodos de tempo.

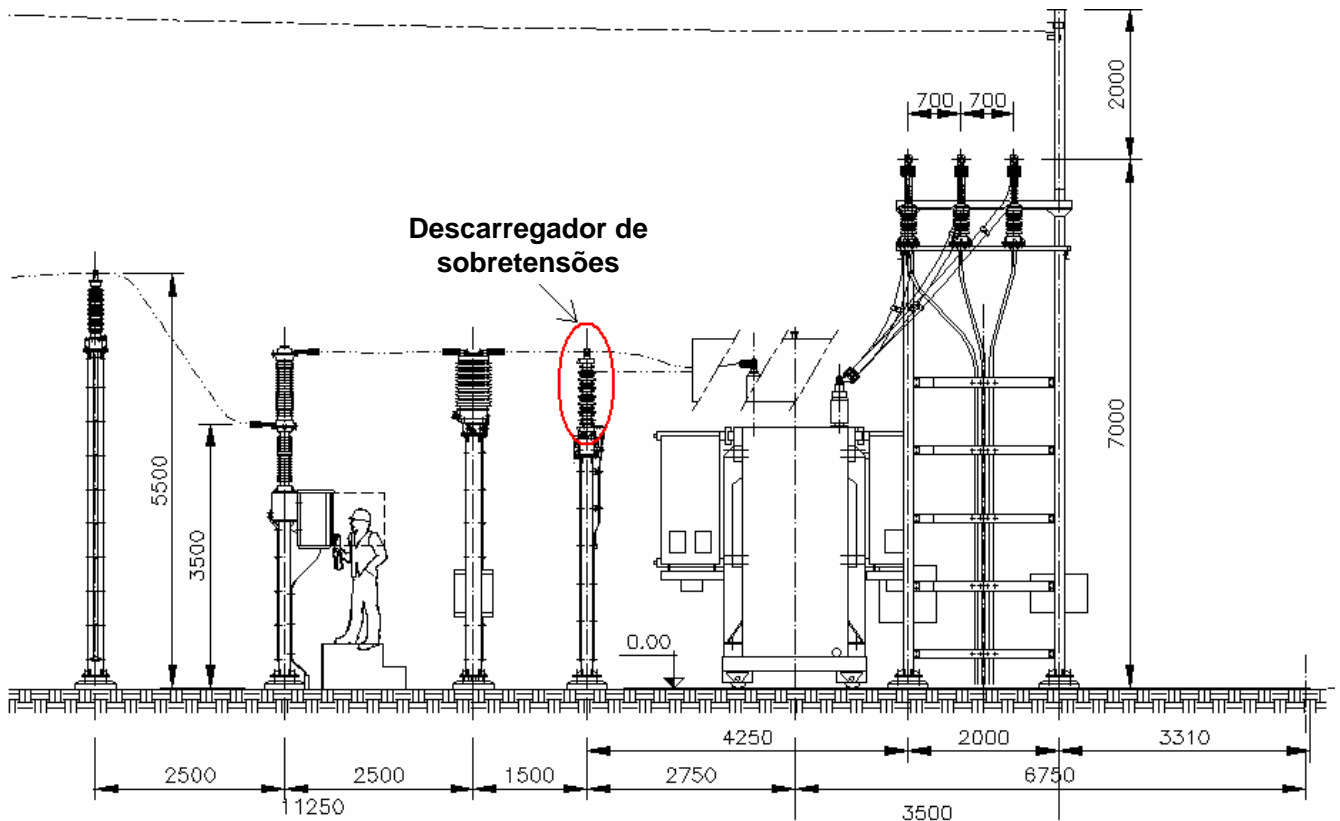
A Figura 9-1 apresenta a disposição do equipamento no painel de linha AT de uma subestação AT/MT. O corte apresenta, da esquerda para a direita, o transformador de tensão, os descarregadores de sobretensões, o seccionador de isolamento, os transformadores de corrente, o disjuntor e o seccionador de barramento.



**Figura 9-1 – Disposição do equipamento no painel de linha AT**

A cadeia de isoladores instalada no pórtico do painel de linha é considerada como sendo parte integrante da linha, devendo, como tal, ser igual às cadeias utilizadas ao longo da linha aérea de 60 kV (incluindo as hastes de guarda fixas). O descarregador instalado à entrada do painel de linha protege a subestação das sobretensões oriundas da linha e é necessário para a protecção do disjuntor de linha quando este se encontra na posição de aberto. Os cabos de guarda são utilizados nas subestações para protecção do equipamento e barramentos face a descargas atmosféricas directas. Na EDP Distribuição existem muitos casos de exploração de subestações com os disjuntores de linha abertos, expondo-os a sobretensões incidentes de origem atmosférica.

O equipamento de AT associado ao painel do transformador é apresentado na Figura 9-2. A ligação ao barramento da subestação é realizado através de um seccionador (não representado), disjuntor, transformadores de corrente e descarregadores. Os descarregadores são normalmente instalados o mais próximo possível do transformador, existindo no entanto, algumas situações na rede, onde a posição dos descarregadores se encontra trocada com a dos transformadores de corrente.



**Figura 9-2 – Disposição do equipamento no painel de transformador AT**

A sequência do equipamento é usualmente semelhante no lado MT da subestação (30, 15 ou 10 kV), pelo que não será descrita em detalhe. No entanto, no andar MT, predomina a utilização de aparelhagem de interior (quadro metálico de MT) e de cabos isolados MT. Existem contudo diferentes configurações MT:

- a chegada das linhas MT processa-se directamente em circuito aéreo ou é feita em circuito subterrâneo;
- os painéis MT são de montagem exterior (no parque exterior da subestação) ou de montagem interior (celas abertas de interior ou QMMT);
- a ligação ao transformador AT/MT é realizada através de cabo isolado MT ou por barramento no ar.

## 9.2 Implementação na rede da EDP Distribuição

Para a aplicação da filosofia de coordenação de isolamento, deverá ser tido em conta a priorização das subestações AT/MT definida pela EDP Distribuição e já mencionada na secção 3.1 : críticas, importantes e normais.

As conclusões relativas à coordenação de isolamento das subestações AT/MT são apresentadas nas seguintes secções. Nas situações em que se verifique a necessidade de aplicação de descarregadores, deverão ser seguidas as recomendações apresentadas na secção 4. As características dos descarregadores são apresentadas na secção 4.2.

### 9.2.1 Chegada em linha aérea AT

Presentemente a EDP Distribuição utiliza hastes de guarda reguláveis na chegada das linhas para protecção contra sobretensões da subestação. No entanto os estudos realizados mostram que esta prática poderá expor os disjuntores, que por razões de exploração estejam abertos, a sobretensões superiores ao nível de isolamento dos mesmos.

A instalação de descarregadores na chegada da linha, atenua este problema [25]. Como medida adicional para a protecção da subestação recomenda-se diminuir as resistências de terra dos apoios da linha aérea AT até cerca de 1 km do pórtico para minimizar a ocorrência de contornamentos inversos na proximidade da subestação. Esta condição pressupõe que o primeiro km de linha aérea AT está equipado com cabos de guarda.

As recomendações específicas para as novas subestações ou ampliações/remodelações das existentes são:

- De modo a limitar a amplitude e a frequência da ocorrência de sobretensões atmosféricas no lado AT da subestação, as resistências de terra dos apoios até 1 km da subestação deverão ser iguais ou inferiores a 30  $\Omega$ ;
- Devem ser instalados descarregadores à entrada do painel de linha para proteger o respectivo disjuntor, de acordo com as condições de montagem já definidas no novo Projecto-Tipo de subestações AT/MT da EDP Distribuição de 2006;
- Os comprimentos dos condutores de ligação dos descarregadores às fases e à terra deverão ser os mais curtos possíveis (ver secção 4.6);
- O invólucro dos descarregadores de subestação deverão ser poliméricos em vez de ser de porcelana, (ver secções 4 e 6 para mais informação sobre os materiais de isolamento);

As recomendações específicas para as subestações existentes são as seguintes:

- Deverão ser adoptadas as mesmas medidas mencionadas anteriormente para as subestações novas, tendo em conta as prioridades definidas pela EDP Distribuição;
- Para a protecção do disjuntor de linha é necessária a substituição das hastes de guarda reguláveis por descarregadores no painel de linha de acordo com o Projecto-Tipo de subestações AT/MT da EDP Distribuição de 2006.

### 9.2.2 Chegada em cabo subterrâneo AT

Os descarregadores deverão se instalados nas transições aéreo-subterrâneas, não sendo necessário a sua instalação na extremidade do cabo à chegada à subestação.

As blindagens do cabo subterrâneo AT deverão ser ligadas à terra em ambas as extremidades. Em casos excepcionais (por exemplo, de sobrecarga térmica devido à circulação de correntes), deverá ser instalado um descarregador de blindagem na extremidade do cabo junto à transição aéreo-subterrânea, de acordo com as recomendações do fabricante do cabo.

### 9.2.3 Saída em linha aérea MT

Será sempre necessário instalar descarregadores à saída da linha aérea MT, independentemente do tipo de andar MT da subestação (isto é, interior ou exterior) onde a linha se encontra ligada.

### 9.2.4 Saída em cabo subterrâneo MT

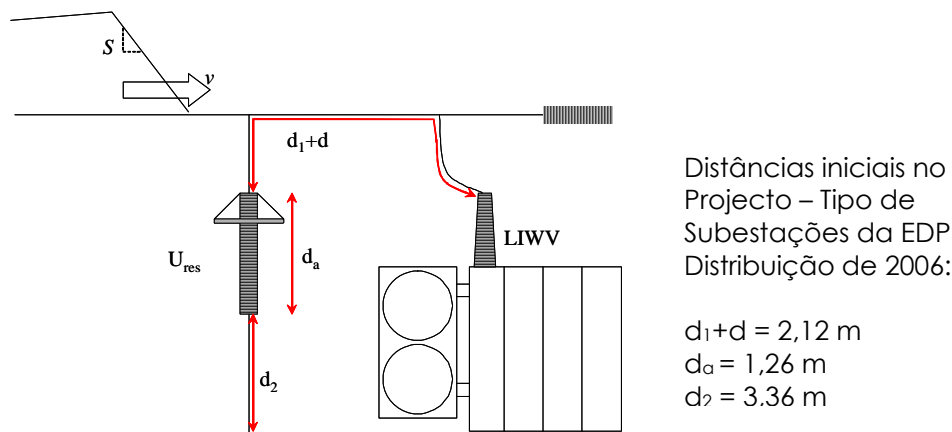
Os equipamentos MT das subestações estão protegidos contra sobretensões atmosféricas desde que existam descarregadores nas transições aéreo-subterrâneas. Recomenda-se, como boa prática, e no sentido de reduzir ao mínimo o risco de avarias nos disjuntores das saídas, que os comprimentos de cabo entre as transições e os disjuntores não excedam os 110 m.

As blindagens dos cabos subterrâneos deverão ser ligadas à terra no lado da subestação enquanto que no lado da linha as bainhas deverão ser protegidas por um descarregador tal como é especificado na Tabela 4-3. No entanto, caso o cabo ligue directamente a uma rede subterrânea, a ligação à terra de uma das extremidades (blindagem ligada à terra no lado da subestação e isolada

no primeiro PT) sem descarregadores é permitida devido ao baixo risco de exposição a sobretensões atmosféricas.

### 9.2.5 Protecção do Transformador

A Figura 9-3 apresenta a definição da distância de protecção do descarregador aplicado aos transformadores. As distâncias como são especificadas no Projecto Tipo de Subestações da EDP Distribuição de 2006 são também apresentadas. Os níveis de isolamento dos equipamentos da subestação e as distâncias mínimas de isolamento são especificadas na secção 3.4 .



**Figura 9-3 – Parâmetros para obter a distância de protecção do transformador**

A protecção do transformador contra sobretensões é realizada em primeiro lugar por descarregadores pelo que se deverá proceder à remoção das hastes de guarda eventualmente existentes nas travessias dos transformadores. A secção 5 dá as explicações para esta medida, tendo os fabricantes de transformadores dado o seu acordo.

As recomendações específicas para o lado AT do transformador AT/MT são as seguintes:

- Para a protecção contra sobretensões do transformador, as distâncias de protecção sugeridas na mais recente versão do Projecto Tipo de Subestações AT/MT da EDP Distribuição deverão ser aplicadas sempre que possível;
- Quando não for possível aplicar as distâncias de protecção do projecto-tipo, a Tabela 9-1 pode ser utilizada para ajudar na decisão a tomar no terreno. A protecção dos transformadores AT/MT é analisada para as situações em que a subestação é alimentada por uma linha aérea simples (um circuito) ou dupla (dois circuitos) ou por um cabo isolado AT.
- Os comprimentos dos condutores de ligação do descarregador às fases e à terra, deverão ser os mais curtos possíveis (ver secção 4.6)

**Tabela 9-1 – Distâncias máximas de protecção para os descarregadores de subestação instalados próximos ao transformador**

<b>Tipo de entrada de alimentação da subestação</b>	<b>Distância Total, <math>L_p</math> [m]</b>
Uma ou mais linhas aéreas de circuito simples	10
Linha aérea de duplo circuito à chegada a mesmo painel de linha	7
Linha aérea de duplo circuito à chegada a painéis de linha diferentes	10
Cabo isolado AT	10

Nota: De acordo com o cálculo digital da LABELLEC, para os disjuntores de 60 kV a distância máxima de protecção é de 13.5 m, considerando o pior caso na alimentação do painel de linha (linha aérea de duplo circuito a chegar ao mesmo painel). Esta distância é medida de acordo com o relatório da LABELLEC [26].

Mais informação e os respectivos cálculos acerca das distâncias de protecção podem ser consultados no relatório da LABELLEC [26].

As recomendações específicas relativas ao lado MT do transformador (30, 15 e 10 kV) são as seguintes:

- Para o caso onde os cabos isolados MT ligam o transformador às celas MT, as distâncias de protecção para todos os níveis de tensão (30, 15 e 10 kV) são iguais a 10.5 metros de acordo com o Projecto-Tipo de Subestações AT/MT da EDP Distribuição de 2006 [25];
- A Tabela 9-2 apresenta as distâncias máximas de protecção para os descarregadores dos transformadores no caso em que as linhas aéreas MT liguem directamente aos respectivos painéis MT exteriores. Recomenda-se a instalação de descarregadores de sobretensões na cuba do transformador de modo a protegê-lo adequadamente.

**Tabela 9-2 – Distâncias de protecção máximas estimadas no caso de linhas aéreas MT**

Tensão nominal, $U_n$ [kV]	Distância Total, $L_p$ [m]
10	< 3 m
15	< 4 m
30	< 7 m

Nota: os descarregadores deverão, preferencialmente, ser montados na cuba do transformador para minimizar o comprimento da ligação à terra ( $d_2$ )

As recomendações específicas tendo em conta o terminal de neutro de transformador são as seguintes:

- Instalar descarregadores em todos os terminais de neutro acessíveis. As distâncias de protecção para o enrolamento de neutro de 60kV e de MT são iguais às das fases;
- Na Tabela 4-1 são apresentados os detalhes dos descarregadores de neutro.

#### 9.2.6 Cabos isolados MT na subestação

Existem diversas situações onde os painéis MT (normalmente celas metálicas interiores) estão ligadas ao transformador AT/MT através de um cabo isolado. A protecção contra sobretensões da subestação deverá ser suficiente para que não sejam necessários descarregadores adicionais para proteger o cabo isolado.

A filosofia de ligação à terra das blindagens dos cabos isolados deverá ser a seguinte:

- As bainhas dos cabos entre as celas MT e o transformador deverão ser normalmente ligadas à terra apenas do lado das celas. A bainha do cabo no lado do transformador deverá ser equipada por um descarregador de bainha de acordo com as especificações da Tabela 4-3;
- As bainhas dos cabos entre as celas MT e os transformadores de serviços auxiliares, reactâncias de neutro e escalões de baterias de condensadores deverão ser ligadas à terra nas duas extremidades. Apenas em casos excepcionais (por exemplo, de sobrecarga térmica devido à circulação de correntes) será recomendável ligar apenas uma das extremidades à terra, o que deverá ocorrer no lado das celas MT. Nesta situação, o descarregador de bainha deverá ser ligado na outra extremidade, que não se encontra ligada à terra. As características deste tipo de descarregador são apresentadas na secção 4.2 .

As recomendações dos fabricantes deverão ser sempre tidas em conta.

**BIBLIOGRAFIA**

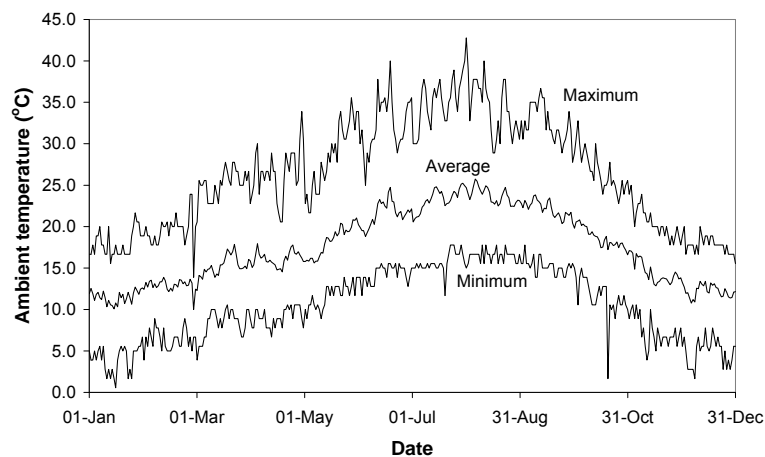
- [1] Working Group 05 – CIGRÉ, "Protection of MV and LV Networks Against Lightning. Part I: Basic Information", Paper 2.21, CIRED 97, 2 – 5 June 1997
- [2] Working Group 05 – CIGRÉ, "Lightning Protection of Distribution Networks. Part II: Application to MV Networks", Paper 2.28, CIRED 97, 2 – 5 June 1997
- [3] Internet site <http://www.wunderground.com>
- [4] Internet site <http://www.eurometeo.com>
- [5] Internet site <http://www.poletopole.org>
- [6] Andrew R. Hileman, Insulation coordination for power systems, 1999.
- [7] C.T. Gaunt, A.C. Britten, H. J. Geldenhuys, Insulation co-ordination of unshielded distribution lines from 1 kV to 36 kV, prepared for the High Voltage co-ordinating committee task force on the lightning protection for distribution lines.
- [8] H.J. Geldenhuys C.T. Gaunt, Insulation co-ordination of rural distribution lines, The transactions of the south African Institute of electrical engineers, September 1991, pp. 217-224.
- [9] Working Group 33.01 – CIGRÉ, "Guide to Procedures for Estimating the Lightning Performance of Transmission Lines", October 1991
- [10] Qualidade de service Relatorio sintese 2003 (Report supplied from EDP to KEMA)
- [11] CEI Std 60071-1, "Insulation co-ordination - Part 1: Definitions, principles and rules", Eighth edition 2006-01
- [12] CEI Std 60071-2, "Insulation co-ordination - Part 2: Application Guide", Third edition 1996-12
- [13] IEEE Std 1410-2004, "IEEE Guide for Improving the Lightning Performance of Electric Power Overhead Distribution Lines", 2004
- [14] EDP-report PMQST subproject 7.2, "Programa para a melhoria da qualidade de serviço técnico Projecto 7: Sistemas de protecção e coordenação de isolamento", 22 February 2007
- [15] LABLEC – report 05/15-DED-ER, "Distâncias de Instalação de DS em PT de Cabina Alta", 16 December 2005
- [16] LABLEC – report RL 07/05, "Comprimentos Máximos de Cabo Entre Transições Aéreo-Subterrâneas e PT de Cabina Baixa: Relatório de Fecho", 2007
- [17] KEMA – report 40630015-Consulting 07-0263- Draft, "RTV silicone rubber coatings to improve the performance of insulators and bushings- Comparison of three coating types", M.A.M. Beerlage e.a., 8 February 2007

- [18] KEMA-report 40430050-TDC 04-46854B Attachment 1 "Quality improvement program project H, insulation coordination, results phase 1", C.S. Engelbrecht, A. Lux, 19 April 2005
- [19] E-mail from EDP "Information about aerial transformers and tower PT" containing document "Avarias TPs MT\_BT\_3\_pedido KEMA\_06102006.pdf", 10 October 2006
- [20] CENELEC, Harmonization document HD 637 S1 "Power installations exceeding 1 kV a.c.", May 1999
- [21] Blackwell Science, "BICC Electric Cables Handbook", G.F.Moore, third edition, 1997
- [22] CIRED – proceeding, "Surge arresters for cable sheaths preventing power losses in MV networks", A. Heiß, G. Balzer, O. Schmitt, B. Richter, 2001
- [23] LABELEC – report RL 07/07, "Protecção do Lado BT do PT Aéreo Face a Descargas Atmosféricas na Linha MT", 2007
- [24] E-mail from LABELEC with subject "Installation of surge arresters on indoor transformers fed by overhead lines - Document with drawings", 8 February 2007
- [25] LABELEC-report RL 07/02, "Coordenação de Isolamento no Lado AT das Subestações: Substituição das Hastes de guarda Reguláveis por Descarregadores de Sobretensões", 2007
- [26] LABELEC-report RL 07/03, "Protecção Contra Sobretensões no Lado MT das Subestações", 2007
- [27] CEI Std-60099-4, "Metal-oxide surge arresters without gaps for a.c. systems – part 4", Second edition, 2004-05 and amendment 1, 2006-05
- [28] EDP-report DMA-C65-110/N, "Materiais para protecção de redes; Descarregadores de sobretensões de óxido de zinco (ZnO) para protecção de instalações de MT e de AT (10 kV a 60 kV), 3<sup>rd</sup> edition, September 2007
- [29] Internet site <http://www.hdelectriccompany.com/hisat>
- [30] Heine, P. and Lehtonen, M., "Measured faults in an unearthed medium voltage network", Nordac, Espoo Finland, August 2004
- [31] LABELEC-report RL 04/08, Fundamentos do Guia Prático de coordenação de isolamentos – Fundamentos, 2004
- [32] E-mail EDP, "comprimento de cabos entre PT e transições", 14 March 2007
- [33] CEI Std-60815, "Guide for the selection of insulators in respect of polluted conditions", First edition, 1986
- [34] CEI/TS 60815, "Selection and dimensioning of high-voltage insulators for polluted conditions - Part 1: Definitions, information and general principles", to be published in 2008

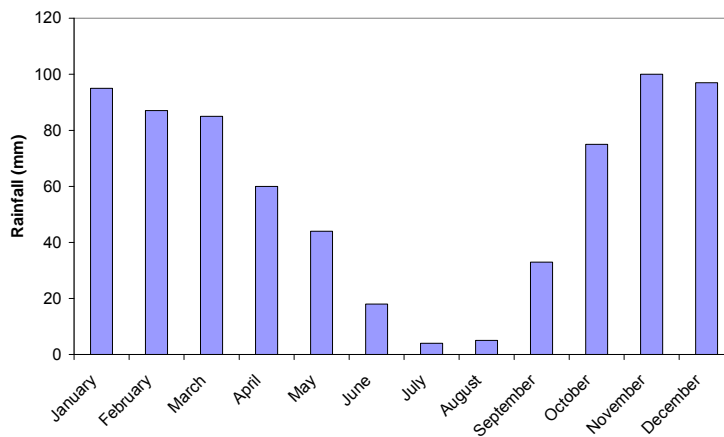


- 
- [35] CEI Std-60383-1, "Insulators for overhead lines with a nominal voltage above 1000 V - Part 1: Ceramic or glass insulator units for a.c. systems - Definitions, test methods and acceptance criteria", fourth edition, 1993
- [36] EN Std-50341-1, "Overhead electrical lines exceeding AC 45 kV - Part 1: General requirements – Common specifications", November 2001
- [37] KEMA-report 40630015-Consulting 08-0134, "Insulator Maintenance Guideline EDP", final version, 22 January 2008

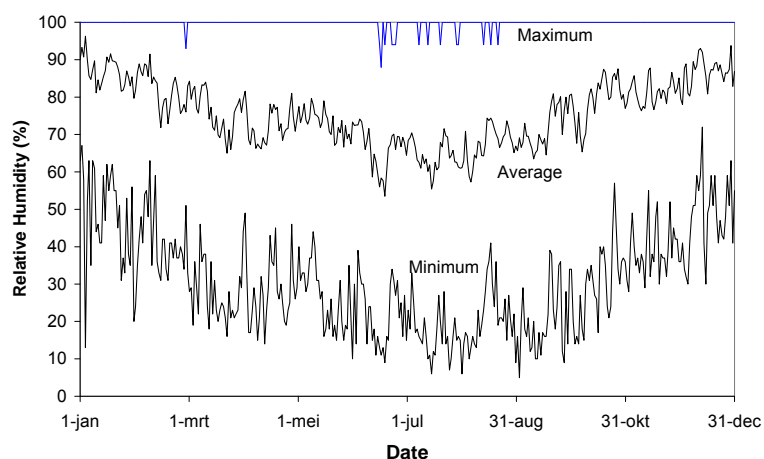
**ANEXO A – CARACTERÍSTICAS CLIMÁTICAS EM PORTUGAL CONTINENTAL (LISBOA)**



**Figura A. 1 – Perfil da temperatura em Lisboa de 1997-2004 [3]**



**Figura A. 2 – Perfil da precipitação em Lisboa de 1961-1991 [4]**



**Figura A. 3 – Perfil da humidade relativa em Lisboa de 1997-2004 [3]**

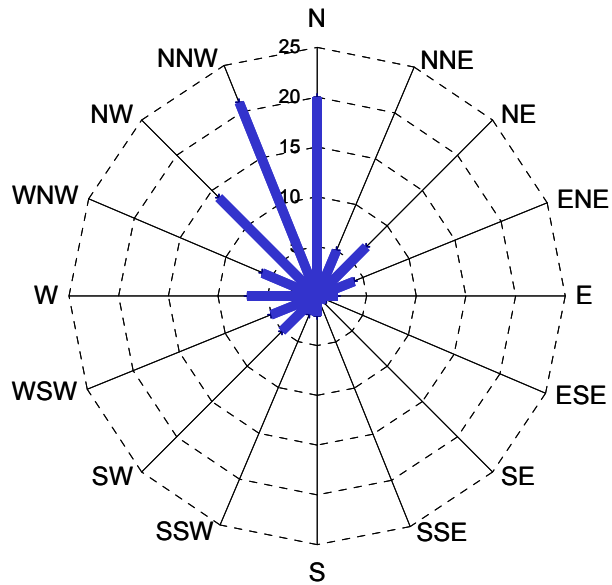


Figura A. 4 – Rosa-dos-ventos em Lisboa de Abril de 2003 – 2004 [5]

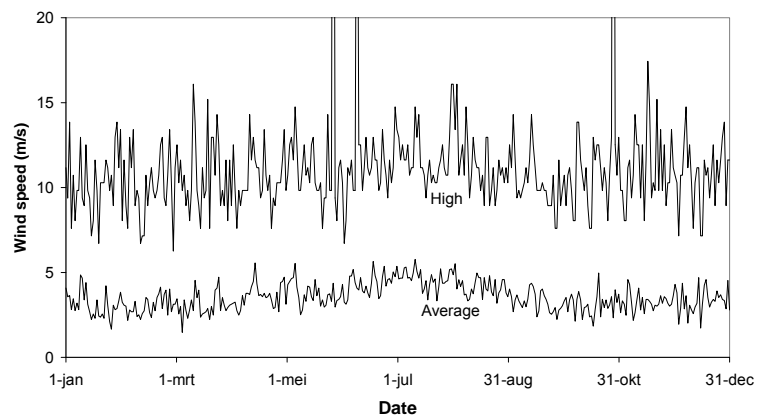


Figura A. 5 – Perfil da velocidade do vento em Lisboa de 1997-2004 [3]

**ANEXO B – NIVEIS DE POLUIÇÃO DEFINIDOS NA NORMA IEC 60815**

<b>Nível de Poluição</b>	<b>Ambiente Tipo</b>
Leve	<ul style="list-style-type: none"><li>- Zona com baixa densidade industrial ou habitacional sujeitas a ventos e chuvas frequentes;</li><li>- Zonas agrícolas;</li><li>- Zonas montanhosas</li><li>- Zonas a mais de 10 km do mar sem exposição directa a ventos marítimos</li></ul>
Médio	<ul style="list-style-type: none"><li>- Zonas com indústrias que não produzem fumos particularmente poluentes ou com densidade habitacional média;</li><li>- Zonas com grande densidade habitacional ou industrial com ventos ou chuvas frequentes;</li><li>- Zonas expostas a ventos marítimos mas afastadas da costa</li></ul>
Forte	<ul style="list-style-type: none"><li>- Zonas com grande densidade industrial ou subúrbios de grandes cidades;</li><li>- Zonas próximas da costa com exposição a fortes ventos marítimos</li></ul>
Muito Forte	<ul style="list-style-type: none"><li>- Zonas de extensão considerável sujeitas a fumos industriais que produzam depósitos de partículas relativamente grandes;</li><li>- Zonas de extensão considerável, muito próximas da costa expostas directamente a salitre ou fortes ventos marítimos directos;</li><li>- Zonas desérticas caracterizadas por ausência de chuvas durante longos períodos de tempo, expostas a ventos que transportam areia e sal, e sujeitas a condensação regular.</li></ul>

ANEXO C – PROJECTO DA REDE DE TERRAS CONFORME O HD 637 S1

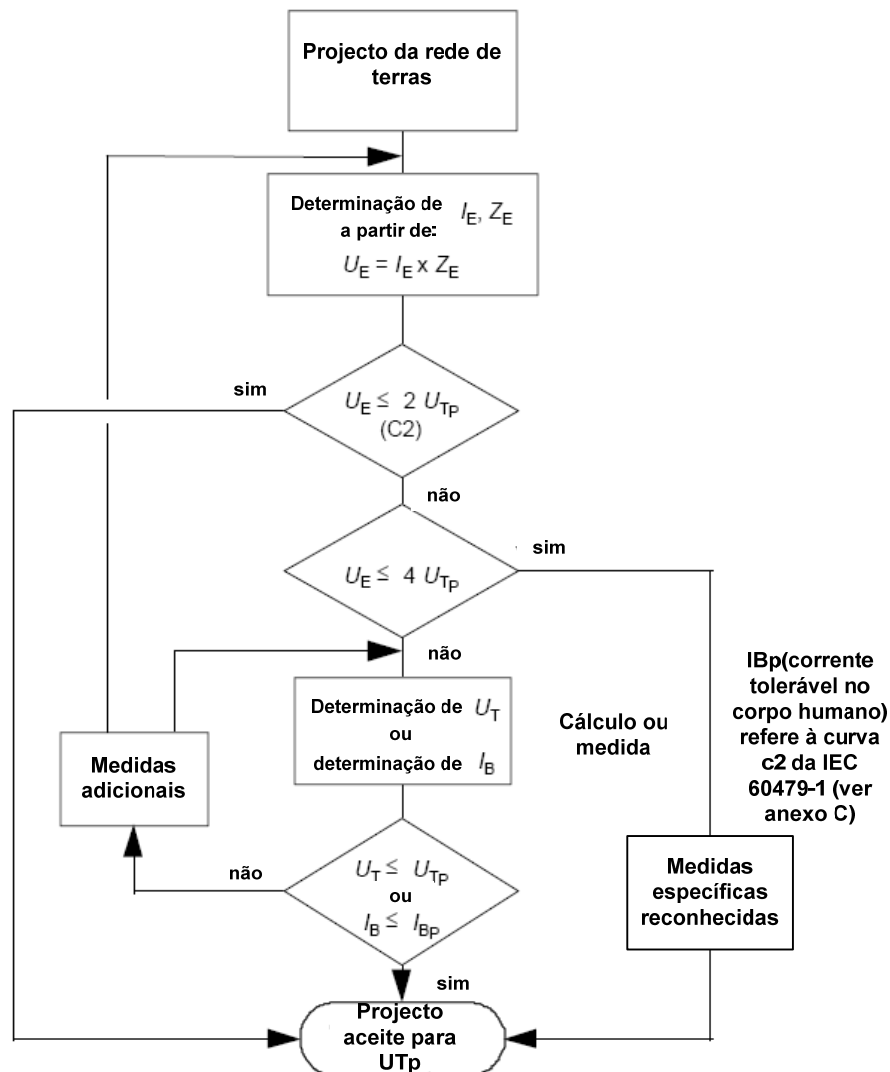


Figura C. 1 - Projecto da rede de terras tendo em conta a tensão de toque permitida (ver [20], página 85)

Passo 1:

Uma rede de terras combinadas para o lado MT e BT é permitido quando a elevação do potencial de terra  $U_E$ , for menor ou igual à tensão de contacto permissível  $U_{TP}$ . A elevação do potencial de terra é definida pela corrente de defeito  $I_E$  vezes a impedância  $Z_E$ . Em zonas rurais a corrente de curto-circuito fase-terra  $I_E$  é limitada a 300 A.

Passo 2:

Uma rede de terras combinadas pode ser utilizada quando  $U_E$ , for inferior cerca de duas vezes do que  $U_{TP}$ . A Figura C. 2 apresenta um diagrama esquemático de uma rede de terras combinadas.

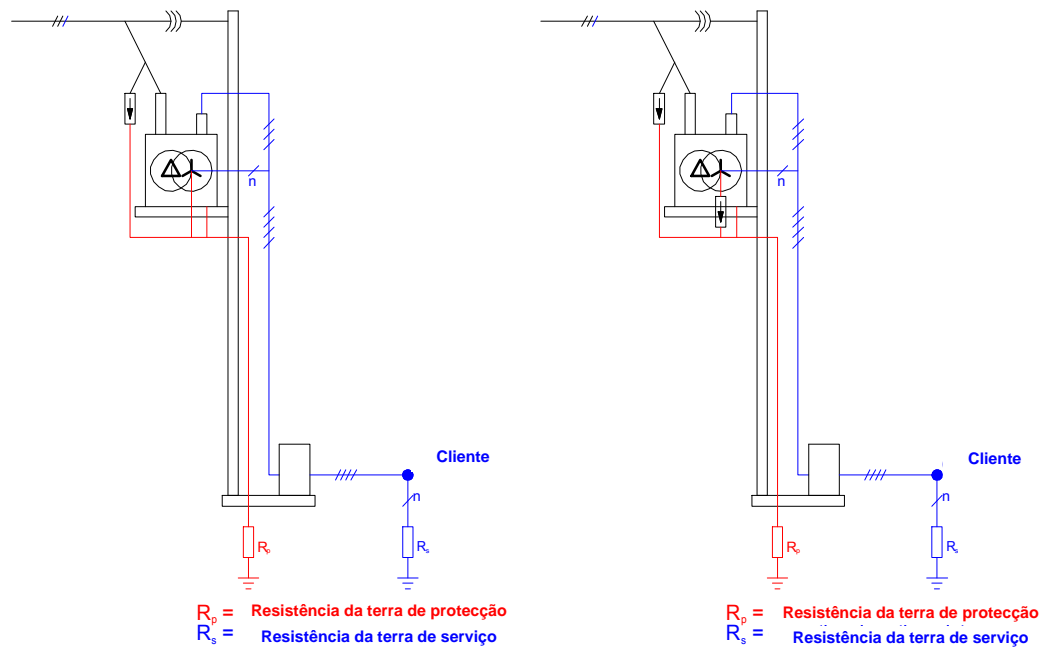


Figura C. 2 – Rede de terras combinadas (à esquerda) e separadas (à direita) no lado MT e BT

Passo 3:

Quando a elevação do potencial de terra  $U_E$ , exceder em duas vezes a tensão de contacto permíssivel, mas inferior (ou igual) a quatro vezes  $U_{TP}$ , uma rede de terras separadas é recomendada com as seguintes restrições:

- A distância mínima entre as duas terras for de 20 metros;
- O eléctrodo de terra horizontal a cercar a rede de terras na forma de um anel fechado.

Uma rede de terras separadas é apresentada esquematicamente na Figura C. 2.

Passo 4:

Se  $U_E > 4 \cdot U_{TP}$ , adicionalmente às medidas do terceiro passo, recomenda-se verificar (através de medidas) a tensão de contacto  $U_T$  em relação à tensão de contacto permíssivel  $U_{TP}$ .

O valor máximo para a impedância da terra de protecção é presentemente determinado, assumindo uma corrente de defeito de 300 A, a qual é a corrente máxima de curto-circuito fase-terra em zonas rurais. No entanto esta corrente de defeito é apenas válida para um número restrito de apoios próximos da subestação. A corrente máxima de curto-circuito fase-terra diminui quando a distância à subestação aumenta, como se observa pela Figura C. 3. Quando a corrente de defeito é menor, a resistência de terra do apoio pode ser superior a  $6.6 \Omega$  para satisfazer a elevação máxima do potencial de terra.

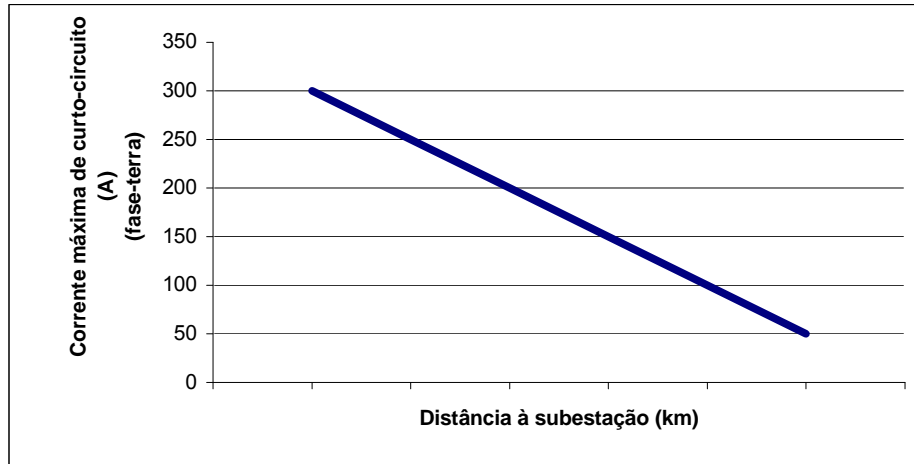


Figura C. 3 – Diminuição da corrente de defeito em função da distância às subestações



**ANEXO D – TAXA DE AVARIAS DE PT DE CABINA BAIXA VS. COMPRIMENTO DE CABO**

Para referência as Figura D. 1, Figura D. 2 e Figura D. 3 são copiadas do relatório da LABELLEC [16].

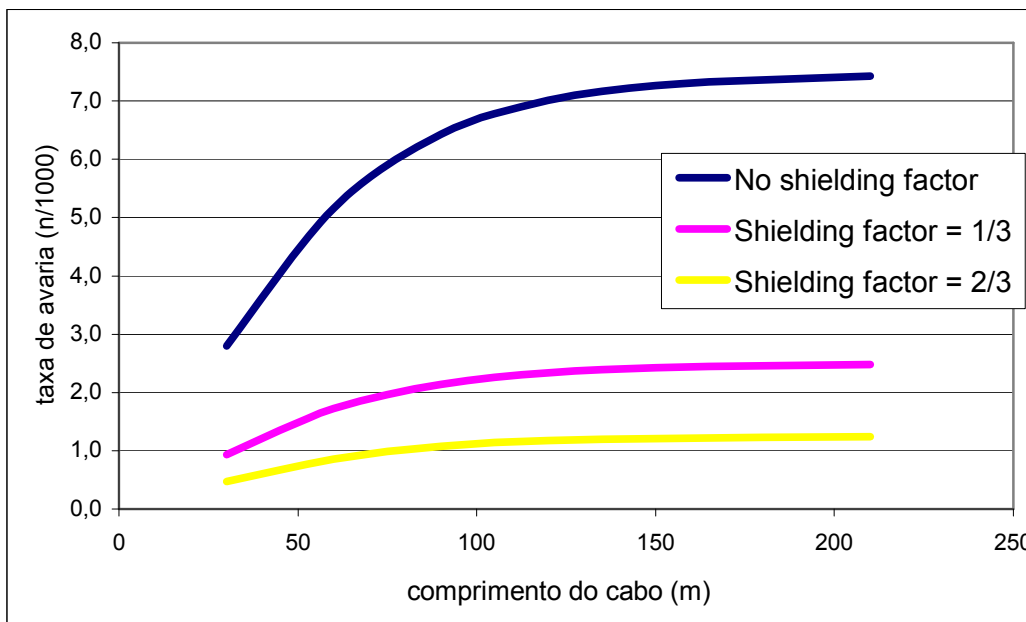


Figura D. 1 – Taxa de avarias de um PT de cabina baixa vs comprimento de cabo: 10 kV

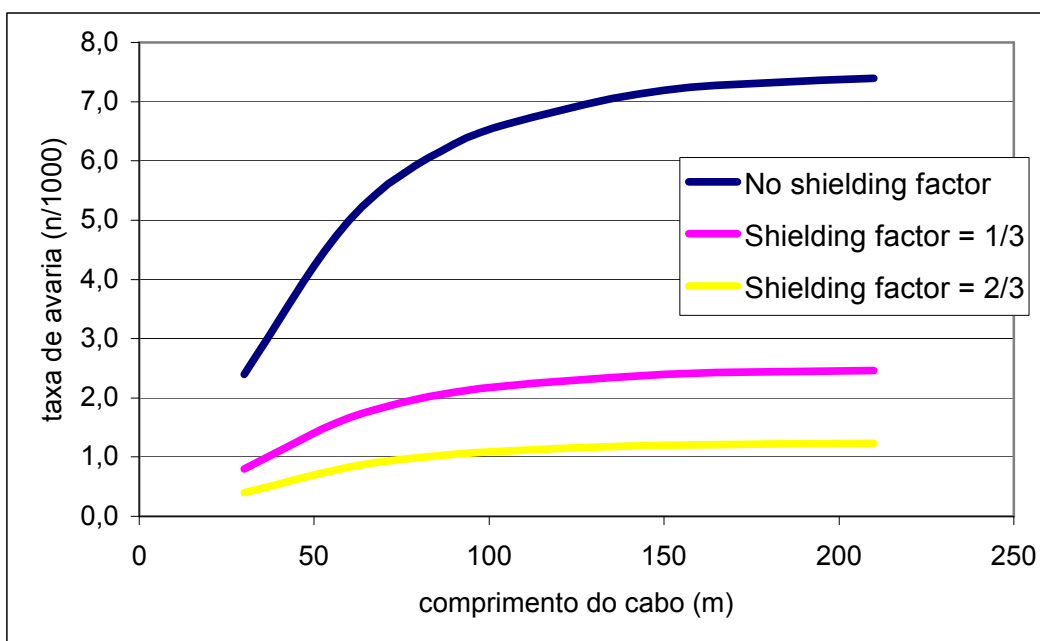


Figura D. 2 - Taxa de avarias de um PT de cabina baixa vs comprimento de cabo: 15 kV

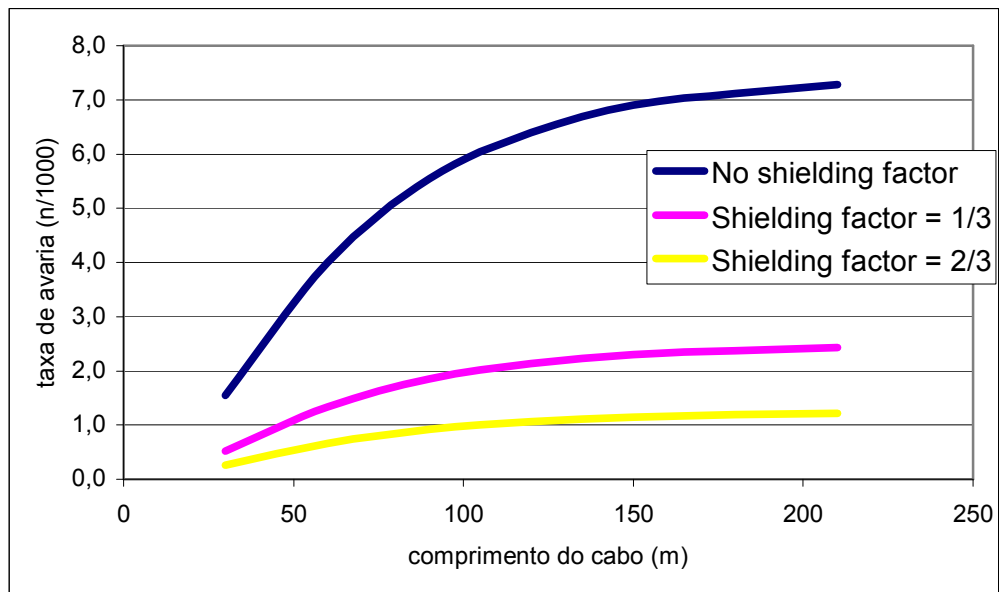


Figura D. 3 - Taxa de avarias de um PT de cabina baixa vs comprimento de cabo: 30 kV

ANEXO E – INSTALAÇÃO DE DESCARREGADORES EM PT DE CABINA ALTA

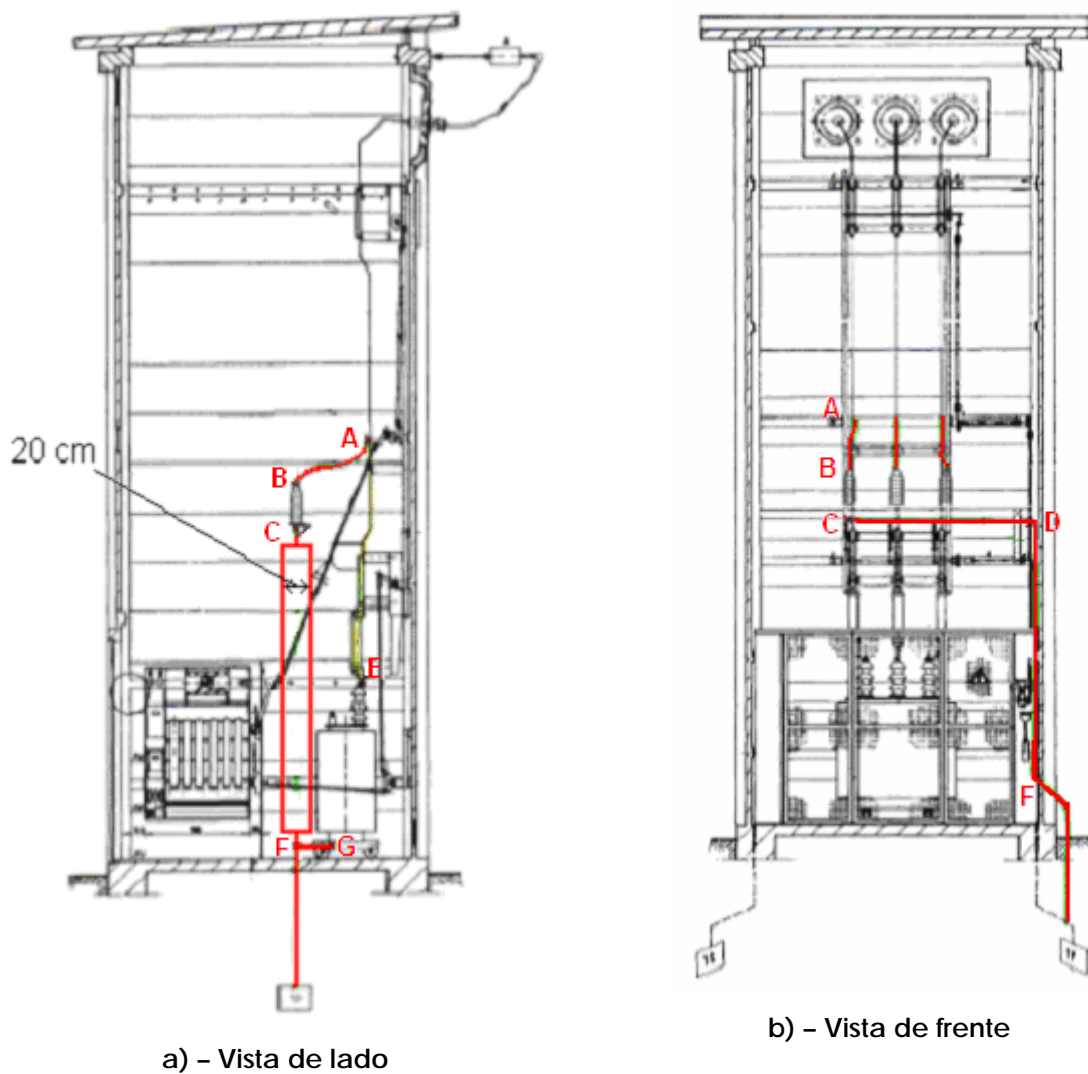


Figura E. 1 – Desenhos detalhados para o posicionamento dos DS no interior do edifício [15] [24]

Distância de separação máximas:

A-B:= 1,0 m

A-E:= 4,0 m

B-C= 0,4 m

C-D + D-F + F-G=2+3.5+1= 6,5 m

### ANEXO F – SOLUÇÕES PARA PT DE CABINA ALTA

**Tabela F. 1 – Matriz de identificação de soluções para possíveis problemas técnicos com isoladores e travessias: efectividade das soluções (de acordo com a EDP Distribuição, dados adicionais sobre revestimentos RTV pela KEMA)**

Soluções	Possíveis problemas técnicos para o PT de Cabina Alta				
	Protecção inadequada a sobretensões atmosféricas	Humidade no interior do edifício	Penetração de humidade no edifício	Contornamentos no QGBT devido a humidades e poluição	Contornamentos nas travessias epóxicas
1) PT aéreo tipo AS (PTAS < 100 kVA)	Melhorou	Melhorou	Melhorou	Melhorou	Melhorou
2) PT aéreo tipo ASI (PTAI < 250 kVA)	Melhorou	Melhorou	Melhorou	Melhorou	Melhorou
3) PT de cabina baixa (PTCB < 630 kVA)	Melhorou	Melhorou	Melhorou	Melhorou	Melhorou
4) Substituição de QGTB, travessias de resina epóxica e cabos e celas de SF <sub>6</sub>	Melhorou			Melhorou	Melhorou
5) Aplicação de RTV nas travessias de resina epóxica, no local					Melhorou
6) Aplicação de RTV nas travessias de resina epóxica, fora do local					Melhorou
7) Substituição de travessias de resina epóxica por porcelana					Melhorou

**Tabela F. 2 – Matriz de identificação de soluções para possíveis problemas técnicos com isoladores e travessias: dados tendo em conta a vida útil, custos e suitability (de acordo com a EDP, dados adicionais sobre revestimentos RTV pela KEMA)**

Soluções	Características do ambiente			Custo [EUR]	Tempo de vida útil [anos]
	Rural (< 100 kVA)	Rural (< 250 kVA)	Semi-urbana		
1) PT aéreo tipo AS (PTAS < 100 kVA)	X			6,800.00	25
2) PT aéreo tipo AI (PTAI < 250 kVA)		X		8,100.00	25
3) PT aéreo de Cabina Baixa (PTCB < 630 kVA)			X	19,800.00	25
4) Substituição de QGTB, travessias de resina epóxica e cabos e celas de SF <sub>6</sub>				7,700.00	25
5) Aplicação de RTV nas travessias de resina epóxica, no local				1,343.60	5 (*)
6) Aplicação de RTV nas travessias de resina epóxica, fora do local				957.02	5 (*)
7) Substituição de travessias de resina epóxica por porcelana				1,11312	5 (*)

(\*): A vida útil expectável do RTV é de 10 anos. Devido às condições ambientais adversas, é expectável que a vida útil seja mais curta. Considera-se que a aplicação deste produto não melhora a vida útil de toda a instalação

(\*\*): É expectável que a vida útil efectiva sera: a vida útil da instalação ( do PTCA). Considera-se que a aplicação deste produto não melhora a vida útil de toda a instalação.

## ANEXO G – MÉTODOS PARA DETERMINAÇÃO DO NÍVEL DE CONTAMINAÇÃO

O ponto fraco das normas disponíveis até agora é que não existe nenhum programa específico descrito para determinar o nível de contaminação de uma dada área. Existem, no entanto, diversos métodos podem ser utilizados para determinar a severidade de um local. Os métodos mais utilizados mundialmente são descritos na Tabela G. 1. O Anexo B contém a definição dos níveis de poluição conforme a CEI 60815 [33], [34].

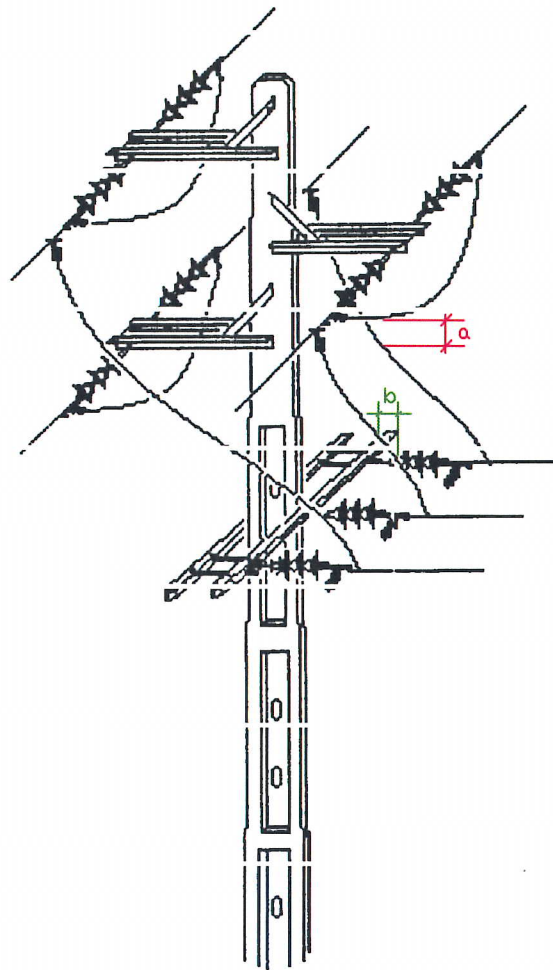
Tabela G. 1 – Métodos para determinação do nível de contaminação

N.º	Method	Description
1	DDD, Directional Dust Deposit Gauge	Um dos métodos que presentemente está a ser normalizado pela CEI [34]. Pode ser utilizado em todos os locais independentemente do tipo de contaminação.
2	ESDD, Equivalent Salt Deposit Density, and NSDD, Non-Soluble Deposit Density	Determina a quantidade de contaminantes solúveis e não solúveis na superfície dos isoladores.
3	Conductividade ou condutância da superfície	Aplicar uma tensão de curta duração ao isolador enquanto se mede a corrente que o percorre e determina-se a condutância da superfície. A condutividade da superfície pode ser medida directamente ou estimada a partir da medida de condutância aplicado de um factor.
4	Medida do desempenho do isolador	Mede a corrente de fuga no isolador para estimar o seu desempenho.
ESDD	(mg/cm <sup>2</sup> )	Equivalent Salt Deposit Density; the amount of soluble contaminants is expressed as the equivalent deposit of sodium chloride (NaCl) on the surface area of the insulator which has the same conductivity as that of the actual deposit dissolved in the same volume of water
NSDD	(mg/cm <sup>2</sup> )	NonSoluble Deposit Density; the amount of nonsoluble deposits is expressed as the weight of these deposits per unit square area of the insulating surface

## ANEXO H – ESTRUTURAS NORMALIZADAS PARA DERIVAÇÕES DE REDE

Desenhos esquemáticos das estruturas normalizadas para derivações de rede em armações tipificadas com indicação das distâncias de isolamento fase-fase e fase-terra, no sentido de se garantir o nível de isolamento ao choque atmosférico de 250 kV para a linha: 73 desenhos.


N.º	Descrição	N.º	Descrição
001	Galhardete amarração/Horizontal perpendicular	042	Horizontal amarração/Dupla horizontal perpendicular
002	Galhardete amarração/Dupla horizontal perpendicular	043	Horizontal amarração/Dupla horizontal mesmo plano
003	Galhardete suspensão/Horizontal perpendicular	044	Pórtico amarração/Horizontal mesmo plano
004	Galhardete suspensão/Dupla horizontal perpendicular	045	Pórtico amarração/Subterrânea seccionador mesmo plano
005	Galhardete amarração/Subterrânea seccionador perpendicular	046	Pórtico amarração/Dupla subterrânea seccionador mesmo plano
006	Triângulo rígido/Dupla horizontal perpendicular	047	Pórtico amarração/Subterrânea seccionador perpendicular
007	Triângulo amarração/Horizontal perpendicular	048	Pórtico amarração/Dupla subterrânea seccionador perpendicular
008	Triângulo amarração/Dupla horizontal perpendicular	049	Pórtico suspensão/Horizontal mesmo plano
009	Pórtico amarração/Horizontal perpendicular	050	Pórtico suspensão/Horizontal perpendicular
010	Galhardete amarração/Horizontal perpendicular (anulada)	051	Pórtico suspensão/Dupla horizontal perpendicular
011	Vertical amarração/Horizontal perpendicular	052	Pórtico suspensão/ Subterrânea seccionador mesmo plano
012	Dupla vertical amarração/Horizontal perpendicular	053	Pórtico suspensão/Subterrânea seccionador perpendicular
013	Horizontal rígido/Horizontal perpendicular	054	Galhardete suspensão/Horizontal perpendicular lado dois condutores
014	Horizontal rígido/Dupla horizontal perpendicular	055	Vertical amarração/Subterrânea seccionador perpendicular
015	Horizontal amarração/Horizontal mesmo plano	056	Dupla vertical amarração/Horizontal mesmo plano
016	Galhardete amarração/Horizontal mesmo plano	057	Dupla vertical amarração/Vertical perpendicular
017	Galhardete suspensão/Horizontal mesmo plano	058	Dupla vertical amarração/Subterrânea seccionador mesmo plano
018	Triângulo amarração/Horizontal mesmo plano	059	Dupla vertical amarração/Subterrânea seccionador perpendicular
019	Triângulo rígido/Horizontal mesmo plano	060	Dupla vertical amarração/Dupla horizontal mesmo plano
020	Vertical amarração/Subterrânea seccionador mesmo plano	061	Dupla vertical amarração/Dupla vertical perpendicular
021	Pórtico amarração/Dupla horizontal perpendicular	062	Dupla vertical amarração/Dupla subterrânea seccionador mesmo plano
022	Horizontal amarração/Horizontal perpendicular	063	Dupla vertical amarração/Dupla subterrânea seccionador perpendicular
023	Galhardete amarração/Subterrânea seccionador perpendicular (anulado)	064	Dupla vertical suspensão/Horizontal mesmo plano
024	Galhardete suspensão/Subterrânea seccionador mesmo plano	065	Dupla vertical suspensão/Horizontal perpendicular
025	Galhardete suspensão/Subterrânea seccionador perpendicular	066	Dupla vertical suspensão/Subterrânea seccionador mesmo plano
026	Horizontal rígido/Subterrânea seccionador mesmo plano	067	Dupla vertical suspensão/Subterrânea seccionador perpendicular
027	Horizontal rígido/Subterrânea seccionador perpendicular	068	Galhardete amarração/Subterrânea seccionador mesmo plano (anulado)
028	Triângulo amarração/Subterrânea seccionador mesmo plano	069	Horizontal rígido/ horizontal mesmo plano
029	Triângulo amarração/Subterrânea seccionador perpendicular	070	Triângulo rígido/Horizontal perpendicular
030	Triângulo rígido/Subterrânea seccionador mesmo plano	071	Seccionador horizontal NA com DST
031	Triângulo rígido/Subterrânea seccionador perpendicular	072	Seccionador horizontal NF com DST
032	Galhardete amarração/Horizontal perpendicular lado dois condutores	073	Ferragem de suporte para DST
033	Galhardete amarração/Subterrânea seccionador mesmo plano		
034	Galhardete amarração/Dupla subterrânea seccionador mesmo plano		
035	Horizontal amarração/Dupla subterrânea seccionador perpendicular		
036	Triângulo rígido/Horizontal perpendicular		
037	Galhardete suspensão/Subterrânea seccionador perpendicular lado dois condutores		
038	Triângulo amarração/Dupla subterrânea seccionador mesmo plano		
039	Horizontal amarração/Dupla subterrânea seccionador mesmo plano		
040	Horizontal amarração/Subterrânea seccionador mesmo plano		
041	Horizontal amarração/Subterrânea seccionador perpendicular		



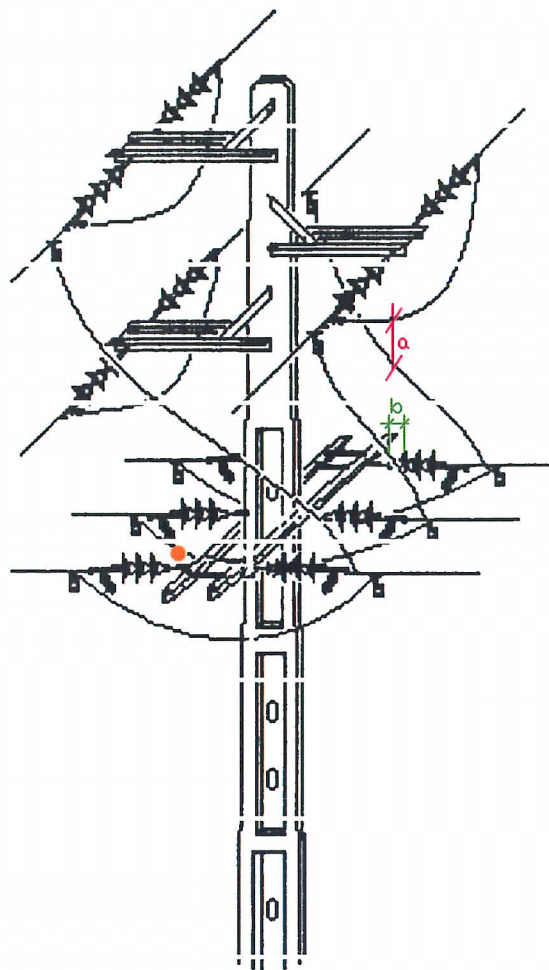
Legenda

- a) Distância entre fases —|—| > 540 mm
- b) Distância entre fase terra —|—| > 480 mm

Recomenda-se a distância de 1500 mm entre a travessa da linha principal e a travessa de derivação.

					PROJ.			 EDP Distribuição - DNT
					COP/ALT.			
					DES.	04-12-2006	José Barral	
					VERIF.			
INDICE	DESCRIÇÃO	DATA	ALTERADO	APROVADO		DATA	RUBRICA	
	FORMATO A4				GA1AT			
	ESCALA							
					SUBSTITUI	CÓDIGO DO CAMPO DE APLICAÇÃO	DESENHO N° 001	ÍNDICE





Legenda

a) Distância entre fases  > 540 mm

b) Distância entre fase terra  > 480 mm

Recomenda-se a distância de 1500 mm entre a travessa da linha principal e a travessa de derivação.

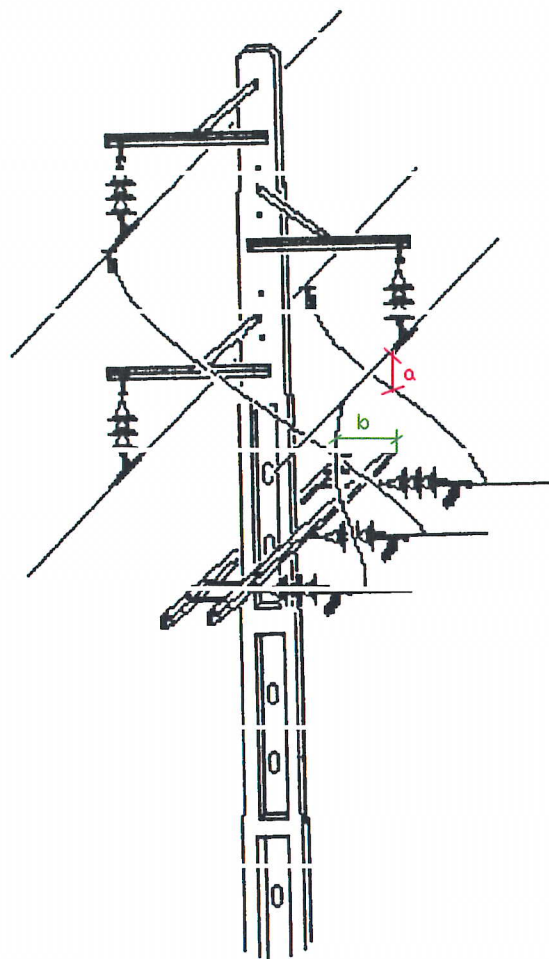
 — Arco suportado por isolador rígido de eixo horizontal com BIL > 250 kV e L > 470 mm

				PROJ.			
				COP/ALT.			
				DES.	30-11-2006	José Barral	
				VERIF.			
ÍNDICE	DESCRIÇÃO	DATA	ALTERADO	APROVADO	DATA	RUBRICA	
	FORMATO A4						
	ESCALA	GA2AT					
		SUBSTITUI	CÓDIGO DO CAMPO DE APLICAÇÃO			DESENHO N° 002	ÍNDICE



EDP Distribuição - DNT






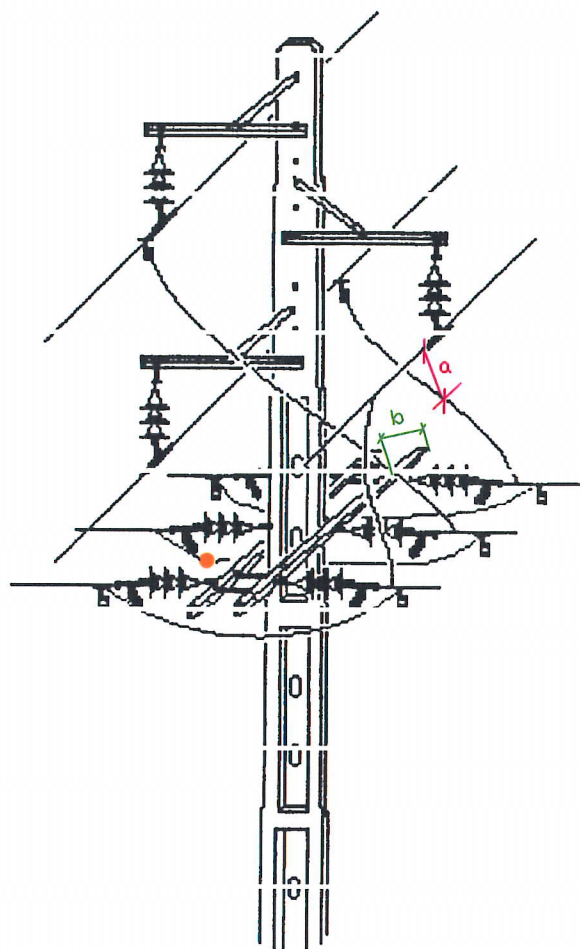
Legenda

a) Distância entre fases ↔ — > 540 mm

b) Distância entre fase terra ↔ — > 480 mm

Recomenda-se a distância de 1500 mm entre a travessa da linha principal e a travessa de derivação.

					PROJ.			 EDP Distribuição - DNT
					COP/ALT.			
					DES.	30-11-2006	José Barral	
					VERIF.			
ÍNDICE	DESCRIÇÃO	DATA	ALTERADO	APROVADO		DATA	RUBRICA	
	FORMATO A4							<h1>GS1AT</h1>
	ESCALA							
			SUBSTITUI		CÓDIGO DO CAMPO DE APLICAÇÃO		DESENHO N° <b>003</b>	ÍNDICE




Legenda

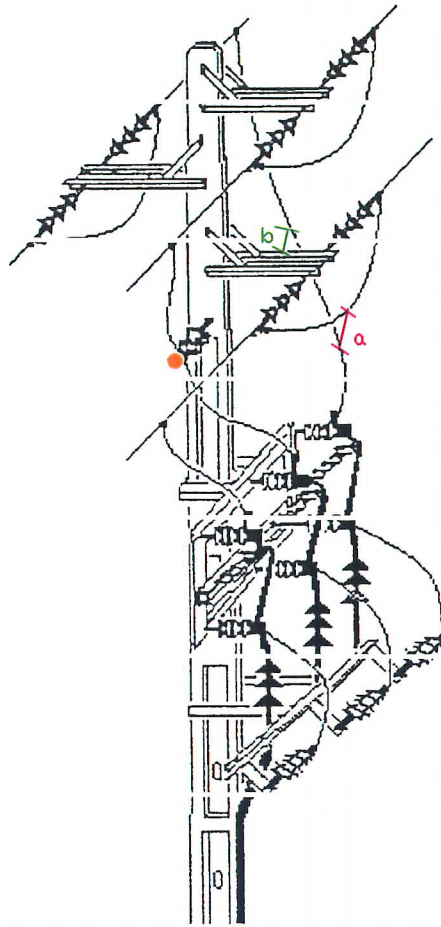
a) Distância entre fases  > 540 mm

b) Distância entre fase terra  > 480 mm

Recomenda-se a distância de 1500 mm entre a travessa da linha principal e a travessa de derivação.

 — Arco suportado por isolador rígido de eixo horizontal com BIL > 250 kV e L > 470 mm

					PROJ.			 EDP Distribuição - DNT
					COP/ALT.			
					DES.	30-11-2006	José Barral	
					VERIF.			
ÍNDICE	DESCRIÇÃO	DATA	ALTERADO	APROVADO		DATA	RUBRICA	
	FORMATO A4							<h1>GS2AT</h1>
	ESCALA							
					SUBSTITUI	CÓDIGO DO CAMPO DE APLICAÇÃO	DESENHO N° <b>004</b>	




Legenda

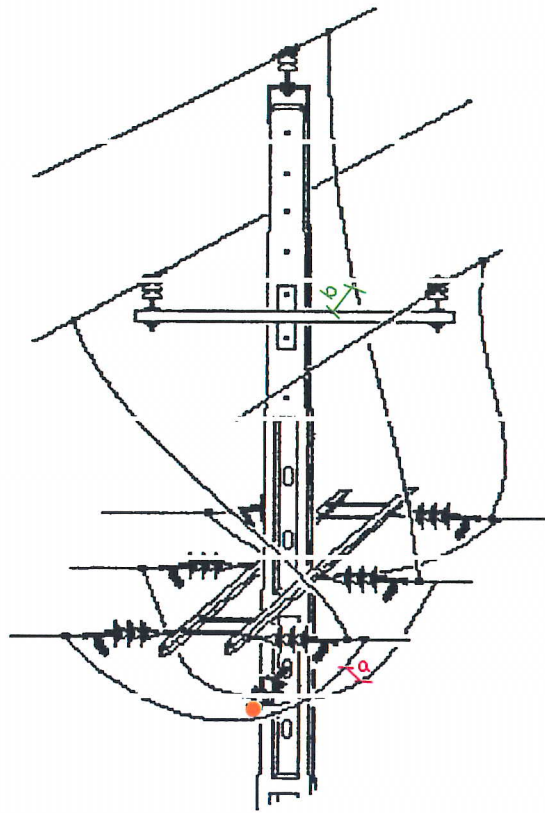
a) Distância entre fases  > 540 mm

b) Distância entre fase terra  > 480 mm

Recomenda-se a distância de 1500 mm entre a travessa da linha principal e a travessa de derivação.

● — Arco suportado por isolador rígido de eixo horizontal com BIL > 250 kV e L > 470 mm

					PROJ.			 EDP Distribuição - DNT
					COP/ALT.			
					DES.	11-12-2006	José Barral	
					VERIF.			
ÍNDICE	DESCRIÇÃO	DATA	ALTERADO	APROVADO		DATA	RUBRICA	
	FORMATO A4							
	ESCALA	GA1STS						
		SUBSTITUI		CÓDIGO DO CAMPO DE APLICAÇÃO		DESENHO N° 005	ÍNDICE	




Legenda

a) Distância entre fases  > 540 mm

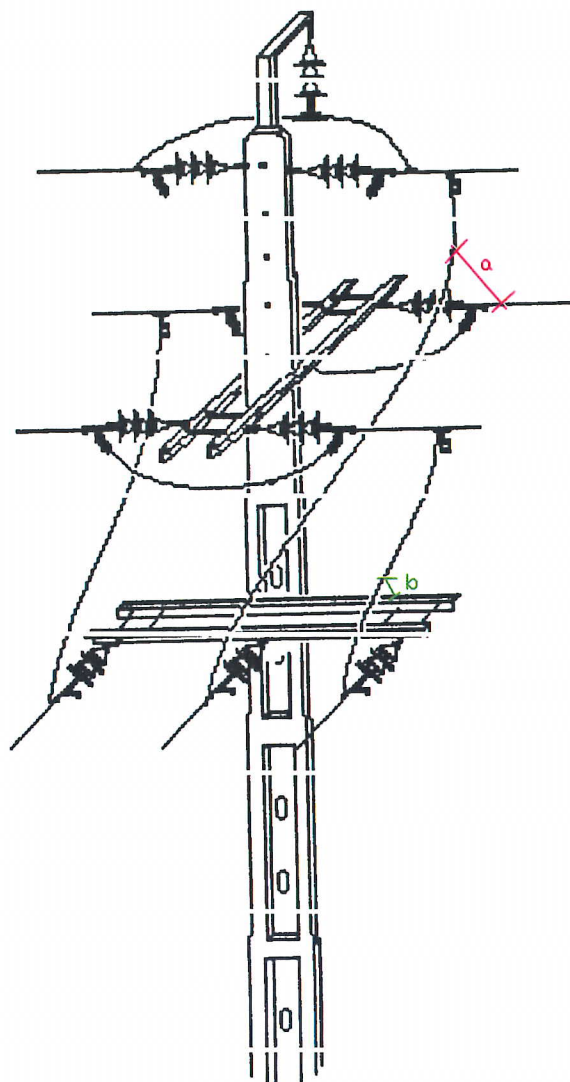
b) Distância entre fase terra  > 480 mm

Recomenda-se a distância de 1500 mm entre a travessa da linha principal e a travessa de derivação.

 — Arco suportado por isolador rígido de eixo horizontal com BIL > 250 kV e L > 470 mm

					PROJ.			 EDP Distribuição - DNT	
					COP/ALT.				
					DES.	30-11-2006	José Barral		
					VERIF.				
ÍNDICE	DESCRIÇÃO	DATA	ALTERADO	APROVADO		DATA	RUBRICA		
	FORMATO A4	<h1>TR2AT</h1>							
	ESCALA								
			SUBSTITUI		CÓDIGO DO CAMPO DE APLICAÇÃO		DESENHO N° <b>006</b>	ÍNDICE	






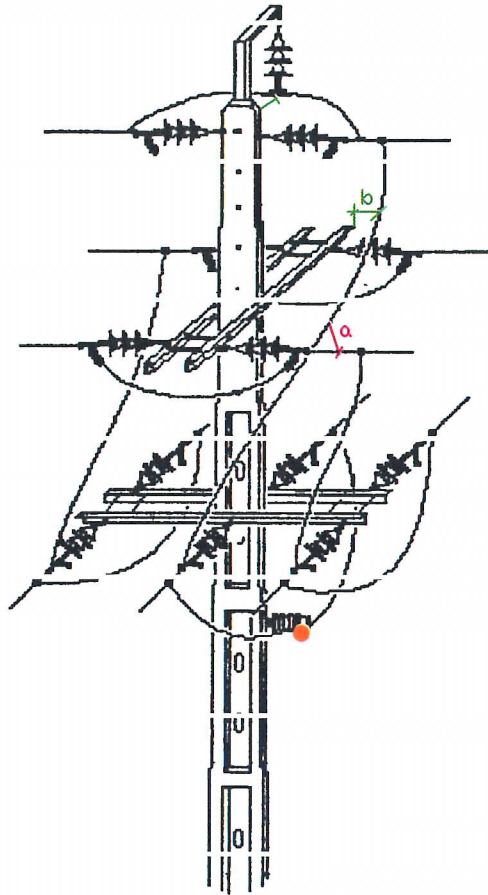
Legenda

a) Distância entre fases  > 540 mm

b) Distância entre fase terra  > 480 mm

Recomenda-se a distância de 1500 mm entre a travessa da linha principal e a travessa de derivação.

					PROJ.			 EDP Distribuição - DNT
					COP/ALT.			
					DES.	30-11-2006	José Barral	
					VERIF.			
ÍNDICE	DESCRIÇÃO	DATA	ALTERADO	APROVADO		DATA	RUBRICA	
	FORMATO A4	TA1AT						
	ESCALA							
			SUBSTITUI		CÓDIGO DO CAMPO DE APLICAÇÃO		DESENHO Nº 007	ÍNDICE




Legenda

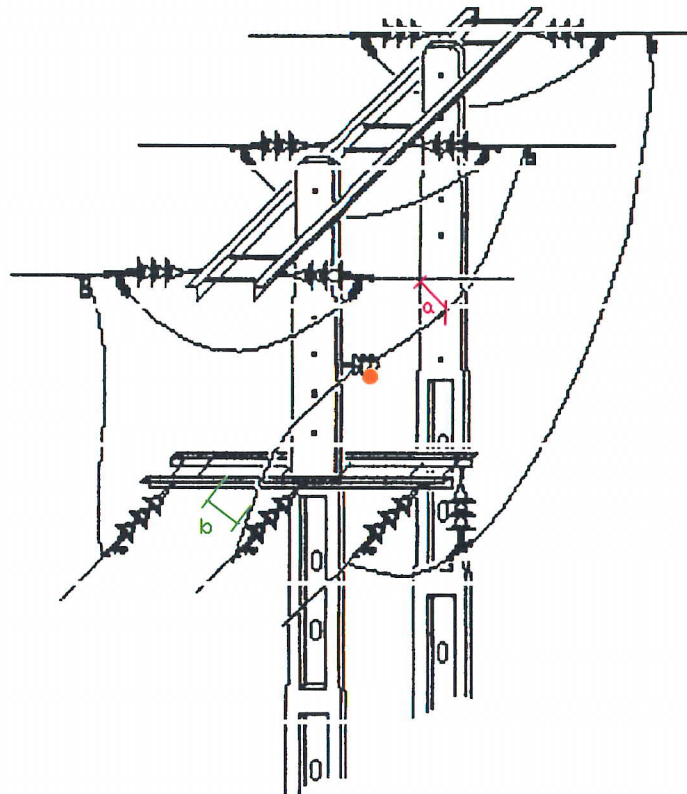
a) Distância entre fases  $\text{---} \text{---} \text{---}$   $> 540 \text{ mm}$

b) Distância entre fase terra  $\text{---} \text{---} \text{---}$   $> 480 \text{ mm}$

Recomenda-se a distância de 1500 mm entre a travessa da linha principal e a travessa de derivação.

● — Arco suportado por isolador rígido de eixo horizontal com BIL  $> 250 \text{ kV}$  e  $L > 470 \text{ mm}$

					PROJ.			 EDP Distribuição - DNT
					COP/ALT.			
					DES.	30-11-2006	José Barral	
					VERIF.			
ÍNDICE	DESCRIÇÃO	DATA	ALTERADO	APROVADO		DATA	RUBRICA	
	FORMATO A4	TA2AT						
	ESCALA							
			SUBSTITUI		CÓDIGO DO CAMPO DE APLICAÇÃO		DESENHO N° 008	ÍNDICE




Legenda

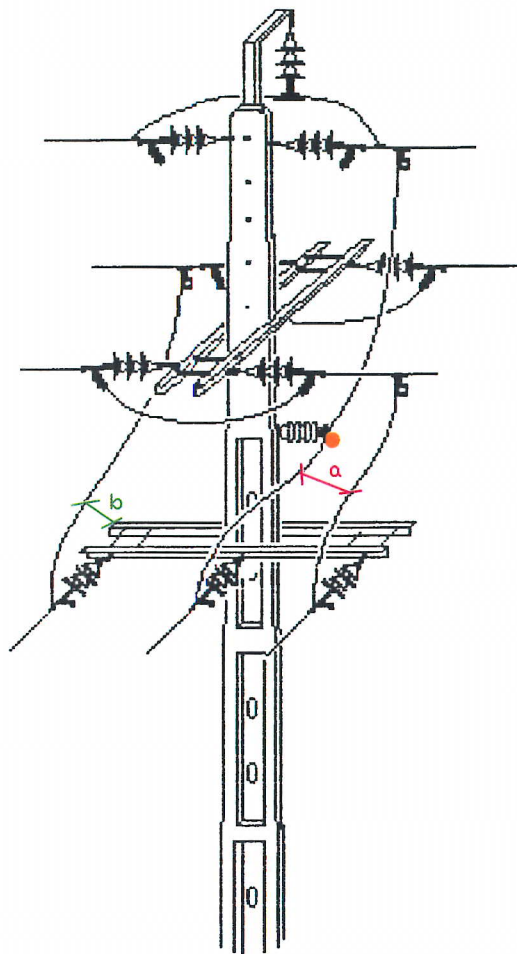
a) Distância entre fases  $\text{---} \text{---} \text{---} > 540 \text{ mm}$

b) Distância entre fase terra  $\text{---} \text{---} \text{---} > 480 \text{ mm}$

Recomenda-se a distância de 1500 mm entre a travessa da linha principal e a travessa de derivação.

● — Arco suportado por isolador rígido de eixo horizontal com BIL > 250 kV e L > 470 mm

					PROJ.			 EDP Distribuição - DNT
					COP/ALT.			
					DES.	30-11-2006	José Barral	
					VERIF.			
ÍNDICE	DESCRIÇÃO	DATA	ALTERADO	APROVADO		DATA	RUBRICA	
	FORMATO A4	HPA1AT						
	ESCALA							
					SUBSTITUI	CÓDIGO DO CAMPO DE APLICAÇÃO	DESENHO N° 009	ÍNDICE




Legenda

a) Distância entre fases  $\text{---} \text{---} \text{---} > 540 \text{ mm}$

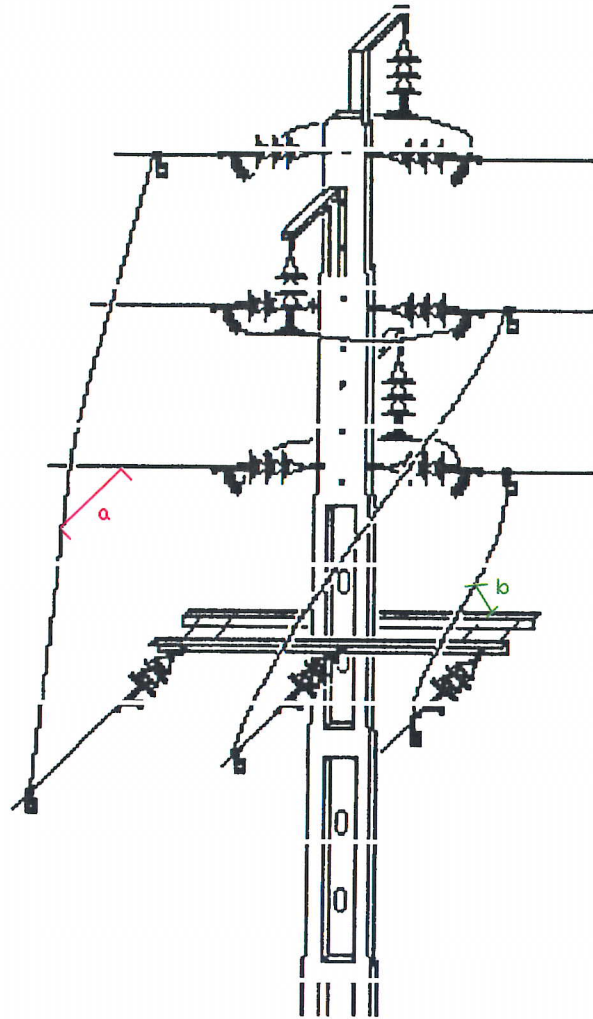
b) Distância entre fase terra  $\text{---} \text{---} \text{---} > 480 \text{ mm}$

Recomenda-se a distância de 1500 mm entre a travessa da linha principal e a travessa de derivação.



● — Arco suportado por isolador rígido de eixo horizontal com BIL > 250 kV e L > 470 mm

					PROJ.			 EDP Distribuição - DNT
					COP/ALT.			
					DES.	11-12-2006	José Barral	
					VERIF.			
ÍNDICE	DESCRIÇÃO	DATA	ALTERADO	APROVADO		DATA	RUBRICA	
	FORMATO A 4							
	ESCALA	TA1AT_a						
		SUBSTITUI	CÓDIGO DO CAMPO DE APLICAÇÃO			DESENHO N° <b>010</b>	ÍNDICE	






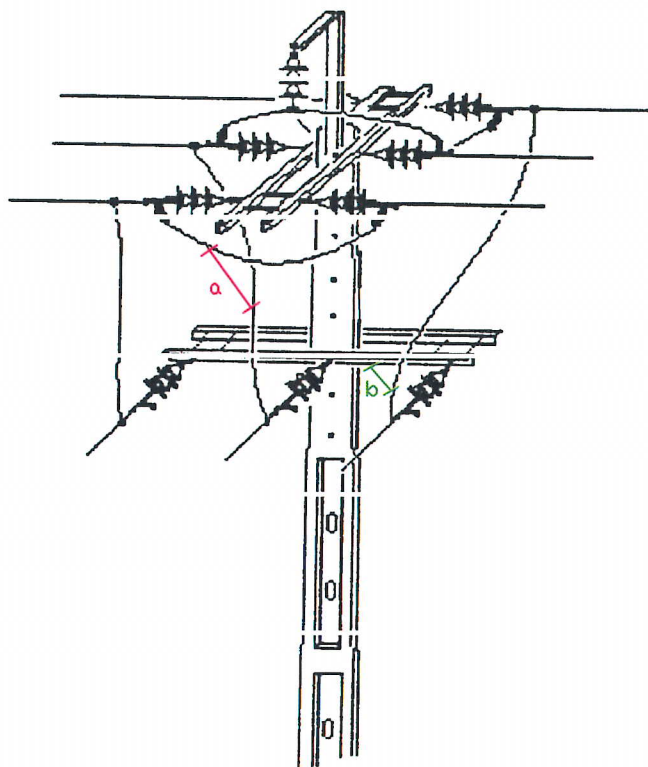
Legenda

- a) Distância entre fases  > 540 mm
- b) Distância entre fase terra  > 480 mm



Recomenda-se a distância de 1500 mm entre a travessa da linha principal e a travessa de derivação.

					PROJ.			 EDP Distribuição - DNT
					COP/ALT.			
					DES.	30-11-2006	José Barral	
					VERIF.			
ÍNDICE	DESCRIÇÃO	DATA	ALTERADO	APROVADO		DATA	RUBRICA	
	FORMATO A4							
	ESCALA	VA1AT						
		SUBSTITUI	CÓDIGO DO CAMPO DE APLICAÇÃO			DESENHO N° 011	ÍNDICE	




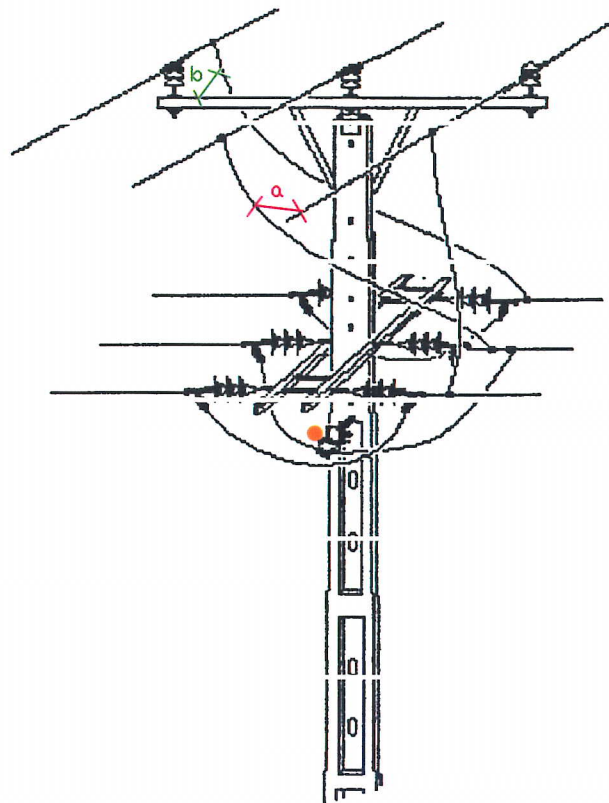


Legenda

- a) Distância entre fases  > 540 mm
- b) Distância entre fase terra  > 480 mm

Recomenda-se a distância de 1500 mm entre a travessa da linha principal e a travessa de derivação.

					PROJ.			 EDP Distribuição - DNT
					COP/ALT.			
					DES.	30-11-2006	José Barral	
					VERIF.			
ÍNDICE	DESCRIÇÃO	DATA	ALTERADO	APROVADO		DATA	RUBRICA	
	FORMATO A4							
	ESCALA	HR1AT						
		SUBSTITUI	CÓDIGO DO CAMPO DE APLICAÇÃO	DESENHO N° 013	ÍNDICE			




Legenda

a) Distância entre fases  $\text{---} \text{---} \text{---} > 540 \text{ mm}$

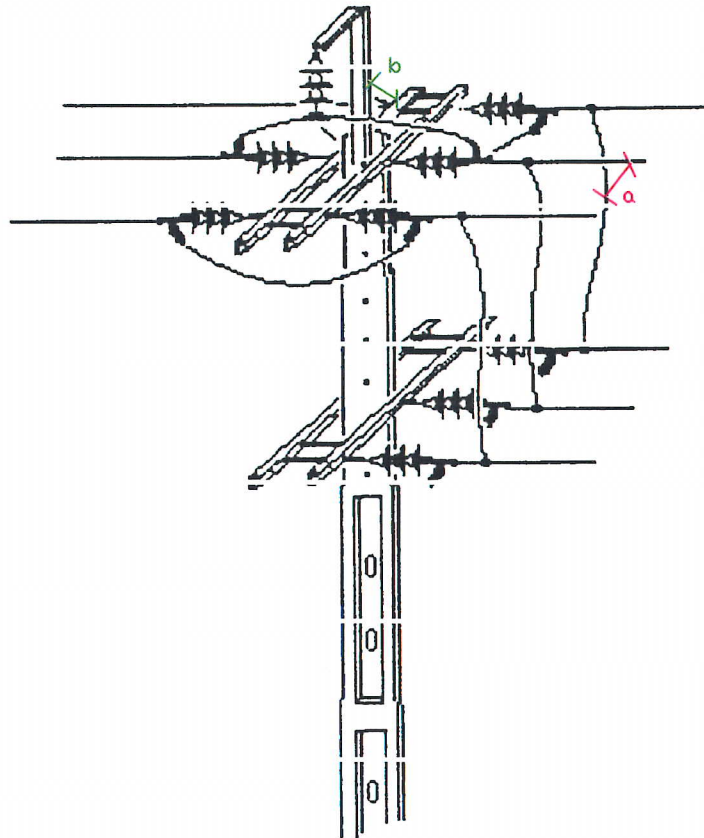
b) Distância entre fase terra  $\text{---} \text{---} \text{---} > 480 \text{ mm}$

Recomenda-se a distância de 1500 mm entre a travessa da linha principal e a travessa de derivação.

● — Arco suportado por isolador rígido de eixo horizontal com BIL > 250 kV e L > 470 mm

					PROJ.			 EDP Distribuição - DNT
					COP/ALT.			
					DES.	06-12-2006	José Barral	
					VERIF.			
ÍNDICE	DESCRIÇÃO	DATA	ALTERADO	APROVADO		DATA	RUBRICA	
	FORMATO A4							
	ESCALA	HR2AT						
		SUBSTITUI	CÓDIGO DO CAMPO DE APLICAÇÃO			DESENHO N° 014	ÍNDICE	






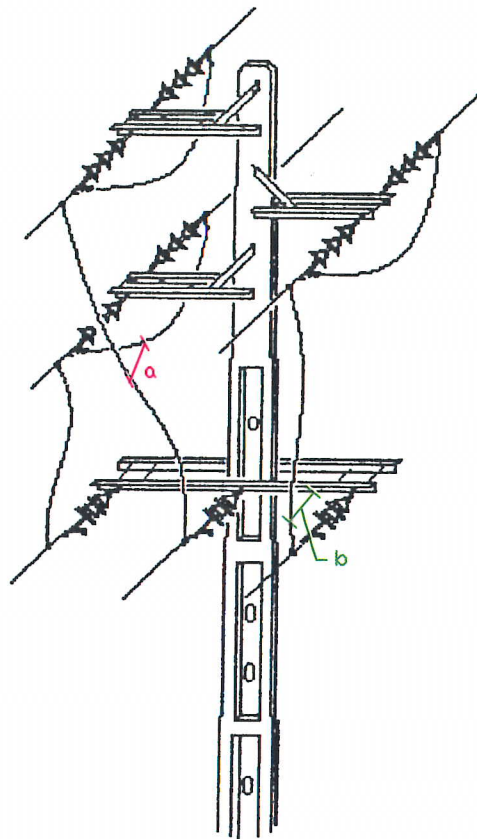
Legenda

a) Distância entre fases ↔ — > 540 mm

b) Distância entre fase terra ↔ — > 480 mm

Recomenda-se a distância de 1500 mm entre a travessa da linha principal e a travessa de derivação.

					PROJ.			 EDP Distribuição - DNT
					COP/ALT.			
					DES.	06-12-2006	José Barral	
					VERIF.			
ÍNDICE	DESCRIÇÃO	DATA	ALTERADO	APROVADO		DATA	RUBRICA	
	FORMATO A4							
	ESCALA	HA1A0						
		SUBSTITUI	CÓDIGO DO CAMPO DE APLICAÇÃO	DESENHO N° 015	ÍNDICE			




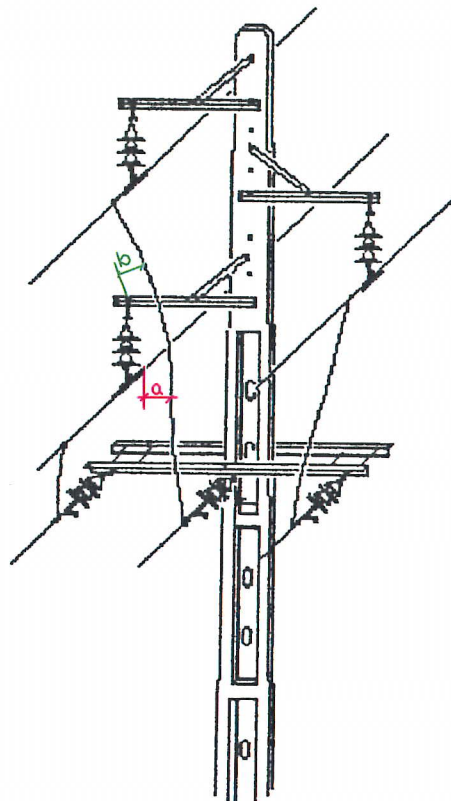
Legenda

a) Distância entre fases ↔ > 540 mm

b) Distância entre fase terra ↔ > 480 mm

Recomenda-se a distância de 1500 mm entre a travessa da linha principal e a travessa de derivação.

					PROJ.			 EDP Distribuição - DNT
					COP/ALT.			
					DES.	26-10-2006	José Barral	
					VERIF.			
ÍNDICE	DESCRIÇÃO	DATA	ALTERADO	APROVADO		DATA	RUBRICA	
	FORMATO A3							<h1>GA1A0</h1>
	ESCALA							
					SUBSTITUI	CÓDIGO DO CAMPO DE APLICAÇÃO	DESENHO N° <b>016</b>	




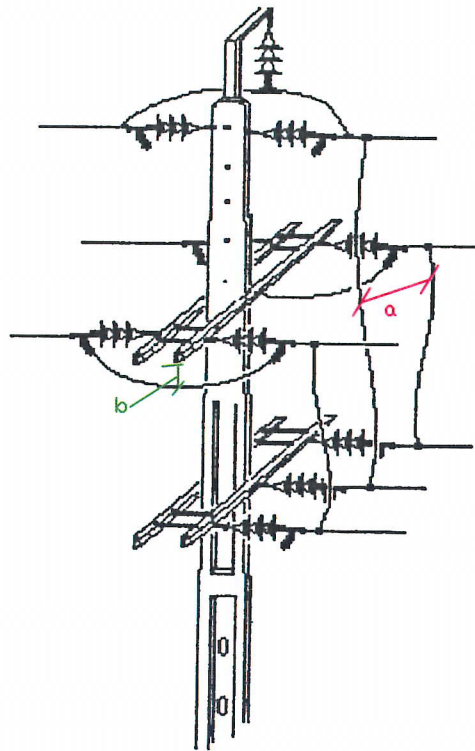
Legenda

a) Distância entre fases /—/ — > 540 mm

b) Distância entre fase terra /—/ — > 480 mm

Recomenda-se a distância de 1500 mm entre a travessa da linha principal e a travessa de derivação.

					PROJ.			 EDP Distribuição - DNT
					COP/ALT.			
					DES.	04-12-2006	José Barral	
					VERIF.			
ÍNDICE	DESCRIÇÃO	DATA	ALTERADO	APROVADO		DATA	RUBRICA	
	FORMATO A4							
	ESCALA	GS1A0						
		SUBSTITUI	CÓDIGO DO CAMPO DE APLICAÇÃO			DESENHO N° <b>017</b>	ÍNDICE	




Legenda

a) Distância entre fases ↔ — > 540 mm

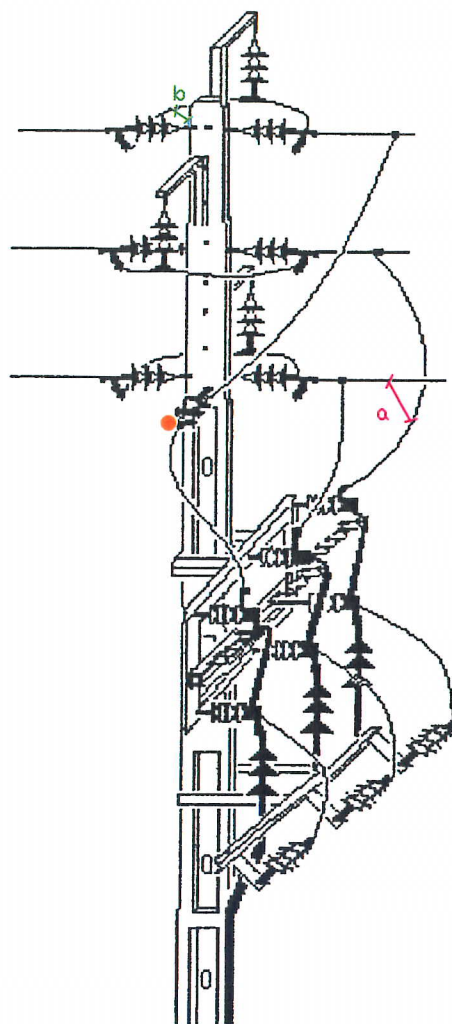
b) Distância entre fase terra ↔ — > 480 mm

Recomenda-se a distância de 1500 mm entre a travessa da linha principal e a travessa de derivação.

					PROJ.			 EDP Distribuição - DNT
					COP/ALT.			
					DES.	04-12-2006	José Barral	
					VERIF.			
ÍNDICE	DESCRIÇÃO	DATA	ALTERADO	APROVADO		DATA	RUBRICA	
	FORMATO A4	<h1>TA1A0</h1>						
	ESCALA							
			SUBSTITUI		CÓDIGO DO CAMPO DE APLICAÇÃO		DESENHO N° <b>018</b>	ÍNDICE








Legenda

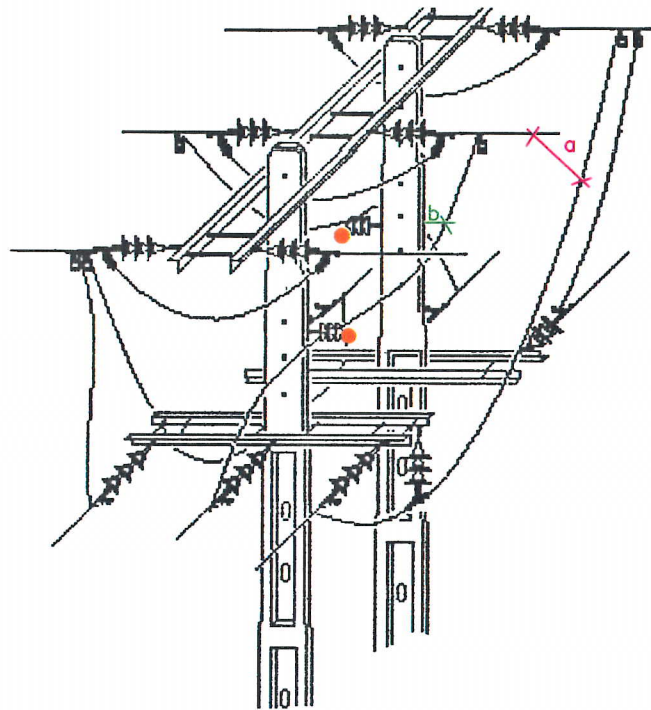
a) Distância entre fases ↔ — > 540 mm

b) Distância entre fase terra ↔ — > 480 mm

Recomenda-se a distância de 1500 mm entre a travessa da linha principal e a travessa de derivação.

● — Arco suportado por isolador rígido de eixo horizontal com BIL > 250 kV e L > 470 mm

					PROJ.			 EDP Distribuição - DNT
					COP/ALT.			
					DES.	04-12-2006	José Barral	
					VERIF.			
ÍNDICE	DESCRIÇÃO	DATA	ALTERADO	APROVADO		DATA	RUBRICA	
	FORMATO A4							
	ESCALA	VA1S0S						
		SUBSTITUI		CÓDIGO DO CAMPO DE APLICAÇÃO		DESENHO N° 020	ÍNDICE	




Legenda

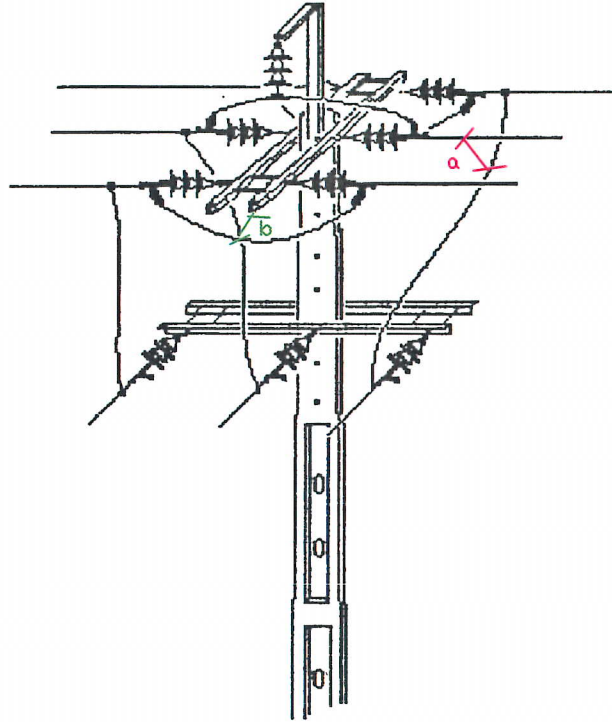
a) Distância entre fases   $> 540 \text{ mm}$

b) Distância entre fase terra   $> 480 \text{ mm}$

Recomenda-se a distância de 1500 mm entre a travessa da linha principal e a travessa de derivação.

 — Arco suportado por isolador rígido de eixo horizontal com BIL  $> 250 \text{ kV}$  e  $L > 470 \text{ mm}$


					PROJ.			 EDP Distribuição - DNT
					COP/ALT.			
					DES.	05-12-2006	José Barral	
					VERIF.			
ÍNDICE	DESCRIÇÃO	DATA	ALTERADO	APROVADO		DATA	RUBRICA	
	FORMATO A4							
	ESCALA	<h1>HPTA2AT</h1>						
		SUBSTITUI	CÓDIGO DO CAMPO DE APLICAÇÃO		DESENHO N°	ÍNDICE		
					021			



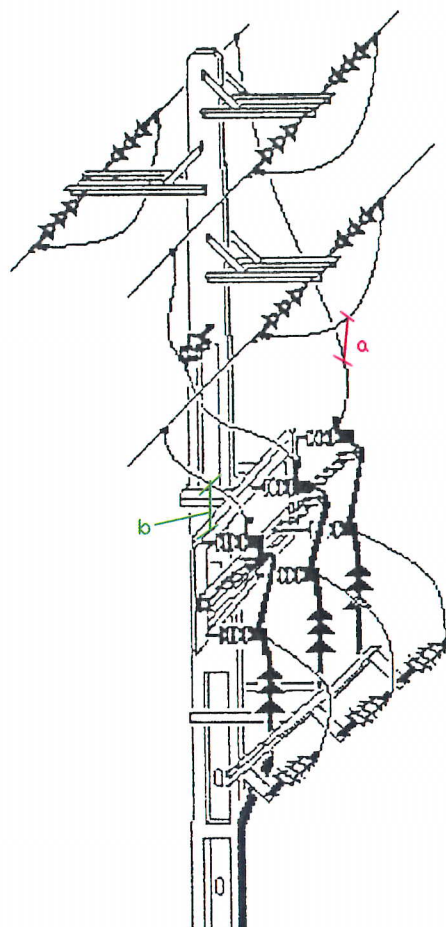
Legenda

- a) Distância entre fases   $> 540 \text{ mm}$
- b) Distância entre fase terra   $> 480 \text{ mm}$

Recomenda-se a distância de 1500 mm entre a travessa da linha principal e a travessa de derivação.

					PROJ.			 EDP Distribuição - DNT
					COP/ALT.			
					DES.	06-12-2006	José Barral	
					VERIF.			
ÍNDICE	DESCRIÇÃO	DATA	ALTERADO	APROVADO		DATA	RUBRICA	
	FORMATO A4							
	ESCALA	HA1AT						
		SUBSTITUI	CÓDIGO DO CAMPO DE APLICAÇÃO	DESENHO N° <b>022</b>	ÍNDICE			






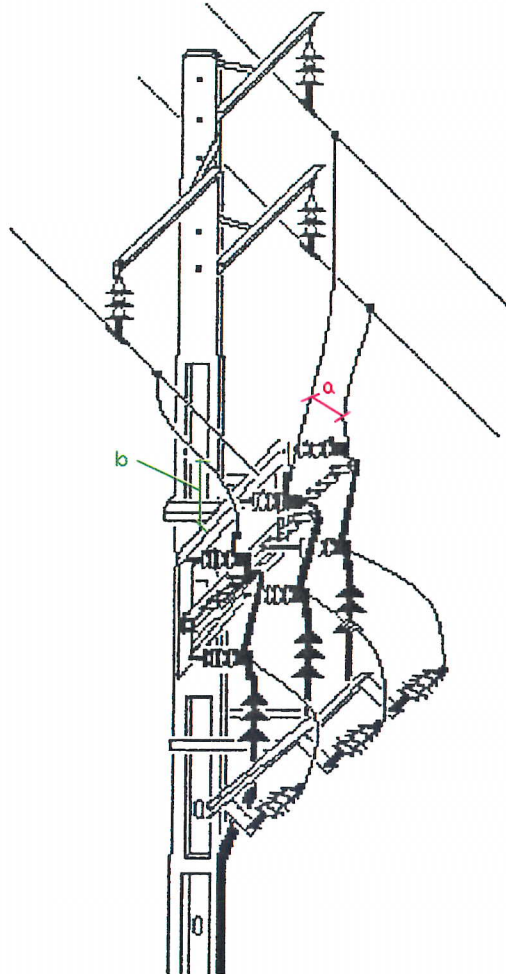
Legenda

a) Distância entre fases  > 540 mm

b) Distância entre fase terra  > 480 mm

Recomenda-se a distância de 1500 mm entre a travessa da linha principal e a travessa de derivação.

					PROJ.			 EDP Distribuição - DNT
					COP/ALT.			
					DES.	04-12-2006	José Barral	
					VERIF.			
ÍNDICE	DESCRIÇÃO	DATA	ALTERADO	APROVADO		DATA	RUBRICA	
	FORMATO A4							<h1>GA1STS</h1>
	ESCALA							
					SUBSTITUI	CÓDIGO DO CAMPO DE APLICAÇÃO	DESENHO N° <b>023</b>	ÍNDICE




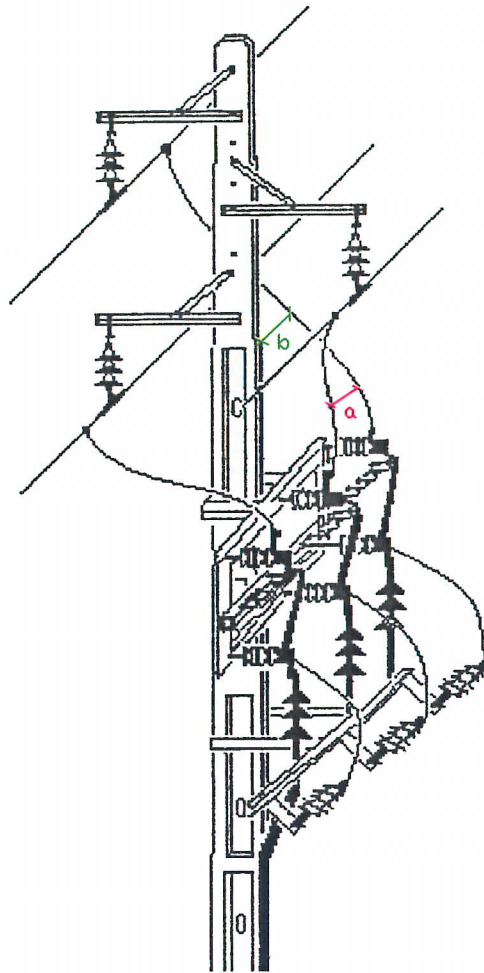
Legenda

a) Distância entre fases  $\longleftrightarrow$   $> 540$  mm

b) Distância entre fase terra  $\longleftrightarrow$   $> 480$  mm

Recomenda-se a distância de 1500 mm entre a travessa da linha principal e a travessa de derivação.

					PROJ.			 EDP Distribuição - DNT
					COP/ALT.			
					DES.	04-12-2006	José Barral	
					VERIF.			
ÍNDICE	DESCRIÇÃO	DATA	ALTERADO	APROVADO		DATA	RUBRICA	
	FORMATO A4				<h1>GS1SOS</h1>			
	ESCALA							
					SUBSTITUI	CÓDIGO DO CAMPO DE APLICAÇÃO	DESENHO N° <b>024</b>	ÍNDICE




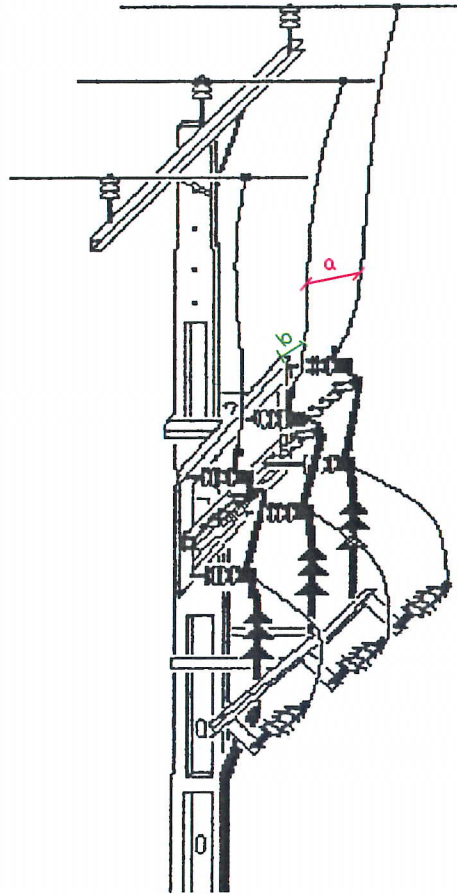
Legenda

a) Distância entre fases  > 540 mm

b) Distância entre fase terra  > 480 mm

Recomenda-se a distância de 1500 mm entre a travessa da linha principal e a travessa de derivação.

					PROJ.			 EDP Distribuição - DNT
					COP/ALT.			
					DES.	04-14-2006	José Barral	
					VERIF.			
ÍNDICE	DESCRIÇÃO	DATA	ALTERADO	APROVADO		DATA	RUBRICA	
	FORMATO A4				<h1>GS1STS</h1>			
	ESCALA							
					SUBSTITUI	CÓDIGO DO CAMPO DE APLICAÇÃO	DESENHO N° <b>025</b>	ÍNDICE




Legenda

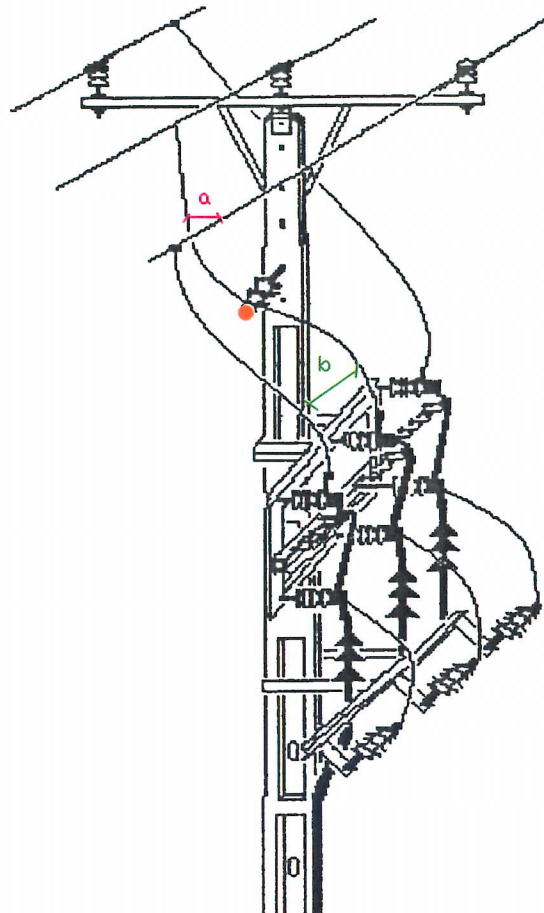
a) Distância entre fases  $\text{---} \text{---} \text{---} > 540 \text{ mm}$

b) Distância entre fase terra  $\text{---} \text{---} \text{---} > 480 \text{ mm}$

Recomenda-se a distância de 1500 mm entre a travessa da linha principal e a travessa de derivação.

					PROJ.			 EDP Distribuição - DNT
					COP/ALT.			
					DES.	04-12-2006	José Barral	
					VERIF.			
ÍNDICE	DESCRIÇÃO	DATA	ALTERADO	APROVADO		DATA	RUBRICA	
	FORMATO A4							
	ESCALA	HR1S0S						
		SUBSTITUI	CÓDIGO DO CAMPO DE APLICAÇÃO		DESENHO N°	ÍNDICE		
					026			






Legenda

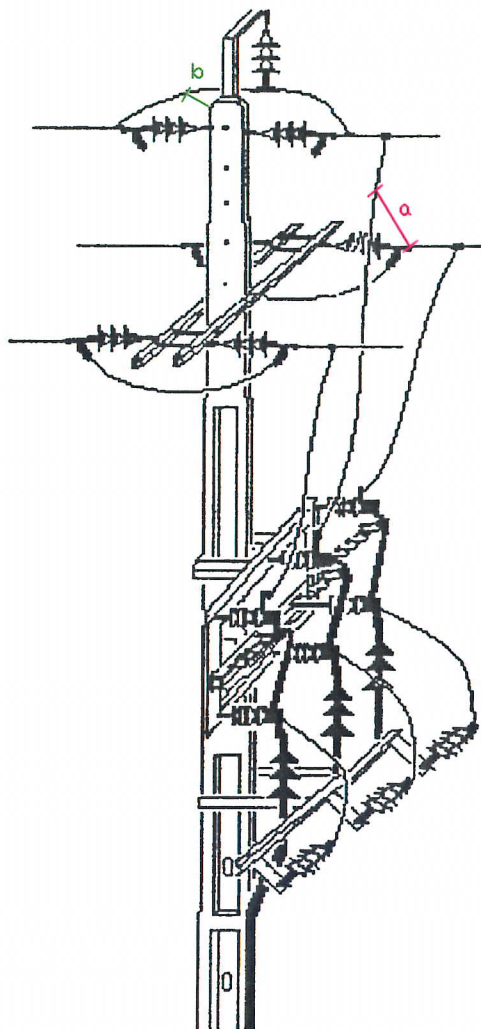
a) Distância entre fases  $\text{---} \text{---} > 540 \text{ mm}$

b) Distância entre fase terra  $\text{---} \text{---} > 480 \text{ mm}$

Recomenda-se a distância de 1500 mm entre a travessa da linha principal e a travessa de derivação.

● — Arco suportado por isolador rígido de eixo horizontal com BIL > 250 kV e L > 470 mm

					PROJ.			 EDP Distribuição - DNT
					COP/ALT.			
					DES.	04-12-2006	José Barral	
					VERIF.			
ÍNDICE	DESCRIÇÃO	DATA	ALTERADO	APROVADO		DATA	RUBRICA	
	FORMATO A4							
	ESCALA	HR1STS						
		SUBSTITUI		CÓDIGO DO CAMPO DE APLICAÇÃO		DESENHO N° 027	ÍNDICE	




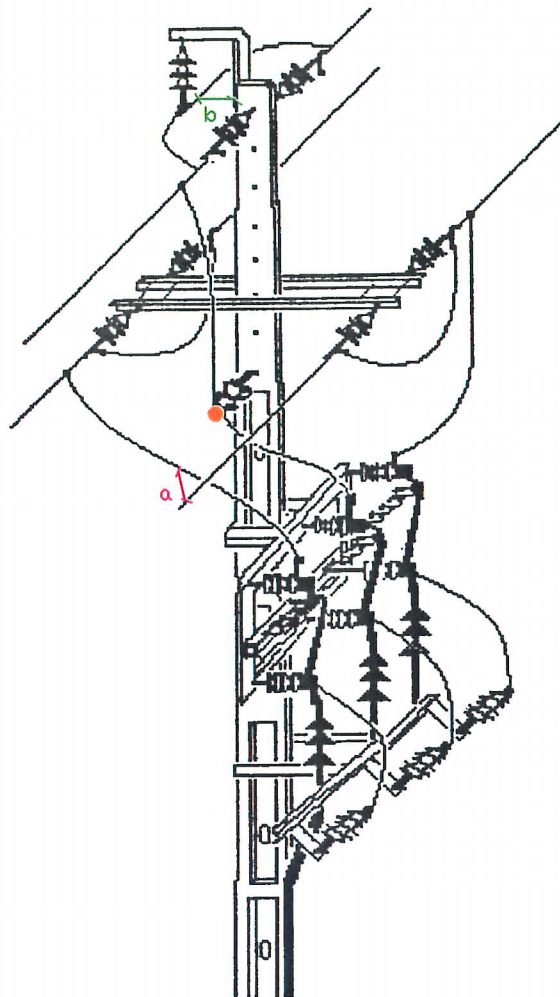
Legenda

a) Distância entre fases / / — > 540 mm

b) Distância entre fase terra / / — > 480 mm

Recomenda-se a distância de 1500 mm entre o travessa da linha principal e a travessa de derivação.

				PROJ.			 EDP Distribuição - DNT
				COP/ALT.			
				DES.	04-12-2006	José Barral	
				VERIF.			
ÍNDICE	DESCRIÇÃO	DATA	ALTERADO	APROVADO		DATA	RUBRICA
	FORMATO A4						
	ESCALA	TA1S0S					
		SUBSTITUI	CÓDIGO DO CAMPO DE APLICAÇÃO	DESENHO N° <b>028</b>	ÍNDICE		



Legenda

- a) Distância entre fases ↔ > 540 mm
- b) Distância entre fase terra ↔ > 480 mm

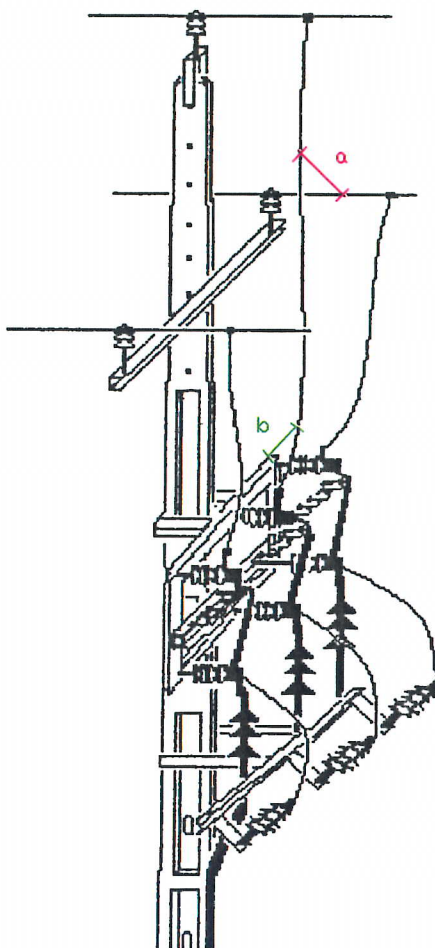
Recomenda-se a distância de 1500 mm entre a travessa da linha principal e a travessa de derivação.

- — Arco suportado por isolador rígido de eixo horizontal com BIL > 250 kV e L > 470 mm

				PROJ.				
				COP/ALT.				
				DES.	07-12-2006	José Barral		
				VERIF.				
INDICE	DESCRIÇÃO	DATA	ALTERADO	APROVADO	DATA	RUBRICA		
		FORMATO						
		A4						
		ESCALA	TA1STS					
			SUBSTITUI	CÓDIGO DO CAMPO DE APLICAÇÃO		DESENHO N°	INDICE	
						029		



EDP Distribuição - DNT




Legenda

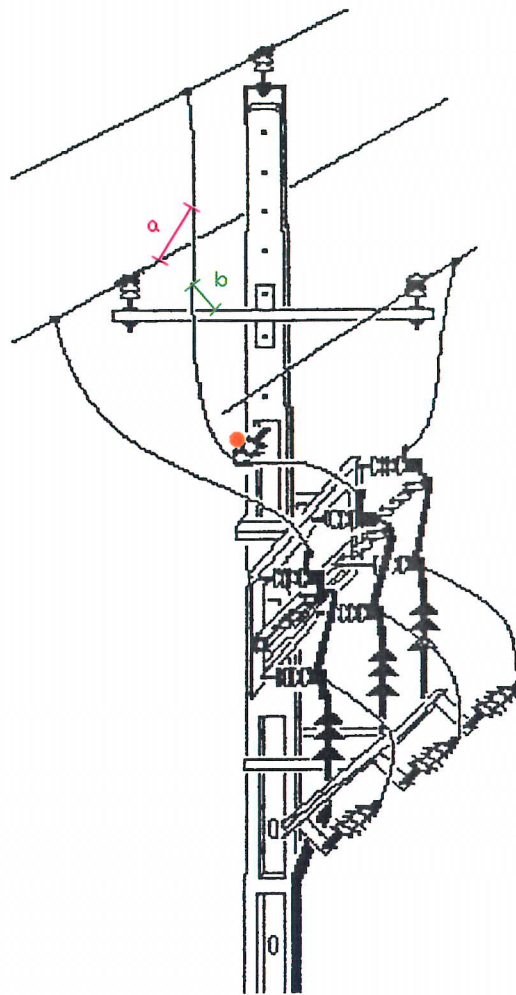
a) Distância entre fases  > 540 mm

b) Distância entre fase terra  > 480 mm

Recomenda-se a distância de 1500 mm entre a travessa da linha principal e a travessa de derivação.

					PROJ.			 EDP Distribuição - DNT
					COP/ALT.			
					DES.	07-12-2006	José Barral	
					VERIF.			
ÍNDICE	DESCRIÇÃO	DATA	ALTERADO	APROVADO		DATA	RUBRICA	
	FORMATO A4				<h1>TR1S0S</h1>			
	ESCALA							
			SUBSTITUI		CÓDIGO DO CAMPO DE APLICAÇÃO		DESENHO N° <b>030</b>	ÍNDICE






Legenda

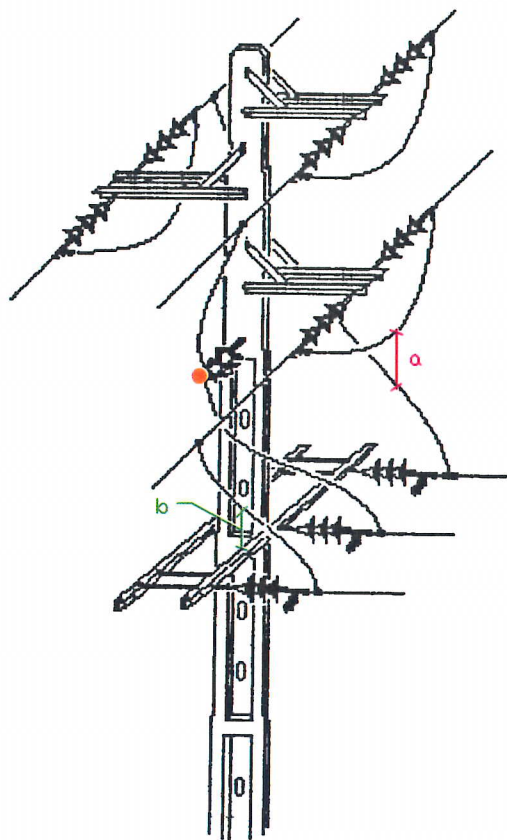
a) Distância entre fases  > 540 mm

b) Distância entre fase terra  > 480 mm

Recomenda-se a distância de 1500 mm entre a travessa da linha principal e a travessa de derivação.

● — Arco suportado por isolador rígido de eixo horizontal com BIL > 250 kV e L > 470 mm

					PROJ.			 EDP Distribuição - DNT
					COP/ALT.			
					DES.	07-12-2006	José Barral	
					VERIF.			
ÍNDICE	DESCRIÇÃO	DATA	ALTERADO	APROVADO		DATA	RUBRICA	
	FORMATO A4							
	ESCALA	TR1STS						
		SUBSTITUI	CÓDIGO DO CAMPO DE APLICAÇÃO		DESENHO N°	ÍNDICE		
					031			




Legenda

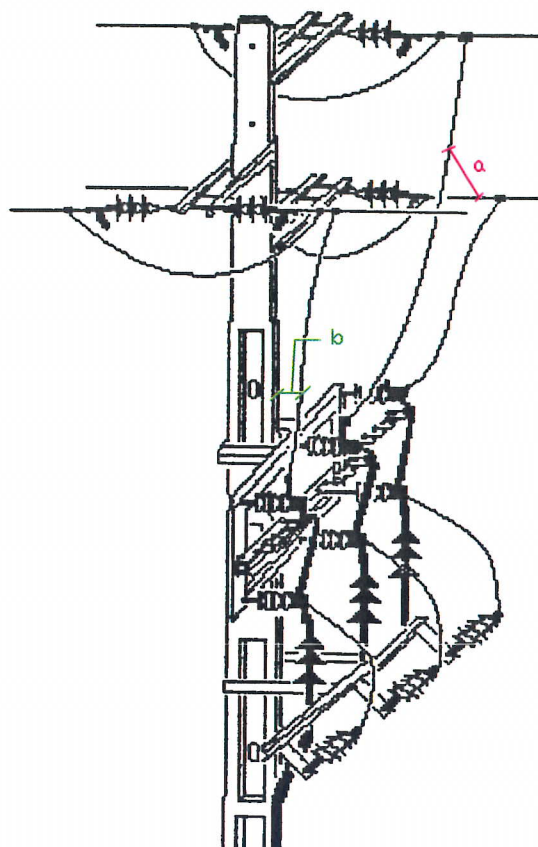
a) Distância entre fases  $\overline{\hspace{1cm}}$   $\text{---}$  > 540 mm

b) Distância entre fase terra  $\overline{\hspace{1cm}}$   $\text{---}$  > 480 mm

Recomenda-se a distância de 1500 mm entre a travessa da linha principal e a travessa de derivação.

●  $\text{---}$  Arco suportado por isolador rígido de eixo horizontal com BIL > 250 kV e L > 470 mm

					PROJ.			 EDP Distribuição - DNT
					COP/ALT.			
					DES.	04-12-2006	José Barral	
					VERIF.			
ÍNDICE	DESCRIÇÃO	DATA	ALTERADO	APROVADO		DATA	RUBRICA	
	FORMATO A4							
	ESCALA	GA1ATE						
		SUBSTITUI	CÓDIGO DO CAMPO DE APLICAÇÃO		DESENHO N°	ÍNDICE		
					032			




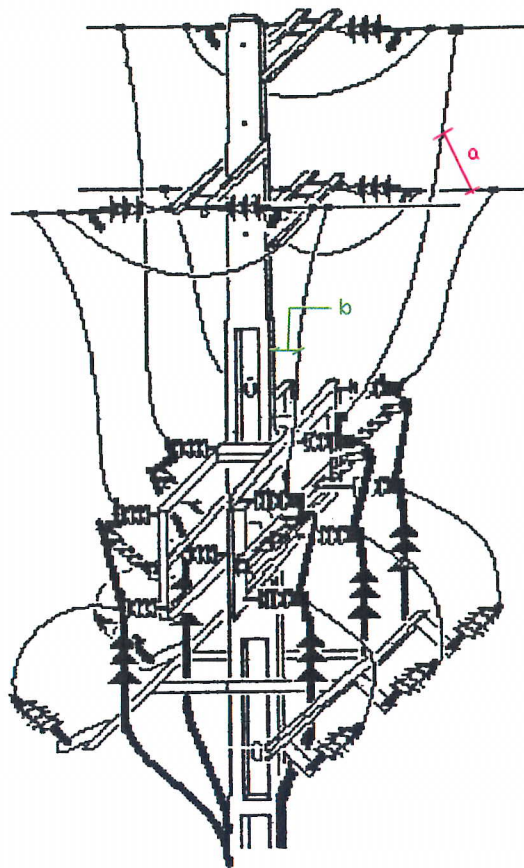
Legenda

a) Distância entre fases  $\longleftrightarrow$   $\longrightarrow$  > 540 mm

b) Distância entre fase terra  $\longleftrightarrow$   $\longrightarrow$  > 480 mm

Recomenda-se a distância de 1500 mm entre a travessa da linha principal e a travessa de derivação.

					PROJ.			 EDP Distribuição - DNT
					COP/ALT.			
					DES.	06-12-2006	José Barral	
					VERIF.			
ÍNDICE	DESCRIÇÃO	DATA	ALTERADO	APROVADO		DATA	RUBRICA	
	FORMATO A4							
	ESCALA	GA1S0S						
		SUBSTITUI		CÓDIGO DO CAMPO DE APLICAÇÃO		DESENHO N° <b>033</b>	ÍNDICE	




Legenda

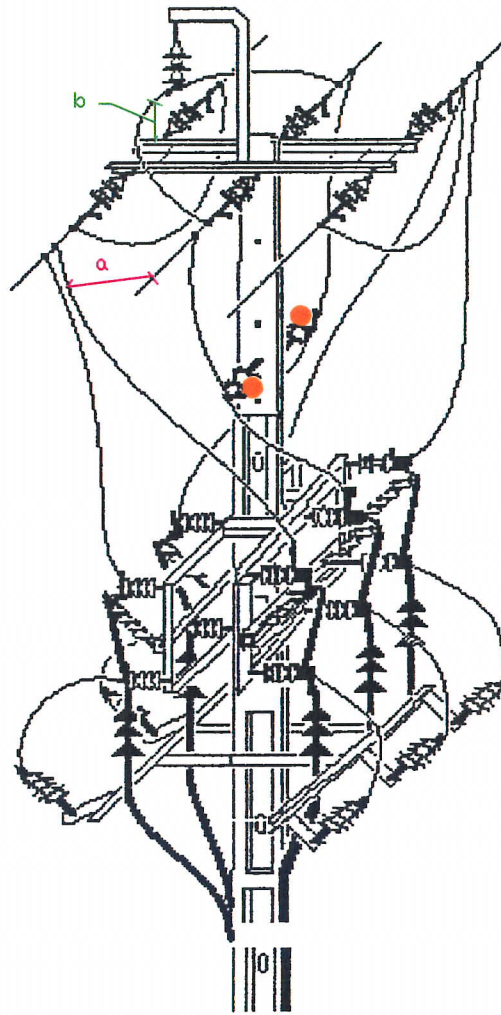
a) Distância entre fases  $\text{---} \text{---} > 540 \text{ mm}$

b) Distância entre fase terra  $\text{---} \text{---} > 480 \text{ mm}$

Recomenda-se a distância de 1500 mm entre a travessa da linha principal e a travessa de derivação.

					PROJ.			 EDP Distribuição - DNT
					COP/ALT.			
					DES.	06-12-2006	José Barral	
					VERIF.			
ÍNDICE	DESCRIÇÃO	DATA	ALTERADO	APROVADO		DATA	RUBRICA	
	FORMATO A4							
	ESCALA	GA2S0S						
		SUBSTITUI	CÓDIGO DO CAMPO DE APLICAÇÃO		DESENHO N° <b>034</b>	ÍNDICE		






Legenda

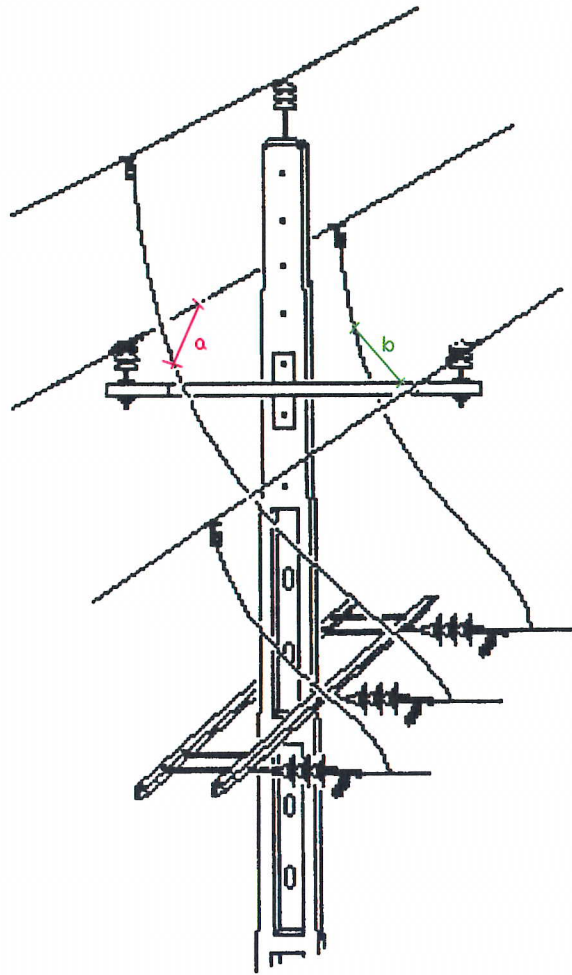
a) Distância entre fases  $\longleftrightarrow$   $> 540$  mm

b) Distância entre fase terra  $\longleftrightarrow$   $> 480$  mm

Recomenda-se a distância de 1500 mm entre a travessa da linha principal e a travessa de derivação.

● — Arco suportado por isolador rígido de eixo horizontal com BIL  $> 250$  kV e L  $> 470$  mm

				PROJ.			 EDP Distribuição - DNT
				COP/ALT.			
				DES.	06-12-2006	José Barral	
				VERIF.			
ÍNDICE	DESCRIÇÃO	DATA	ALTERADO	APROVADO		DATA	RUBRICA
	FORMATO A4						
	ESCALA						
					<b>HA2STS</b>		
			SUBSTITUI		CÓDIGO DO CAMPO DE APLICAÇÃO	DESENHO N° <b>035</b>	ÍNDICE



**Legenda**

a) Distância entre fases  > 540 mm

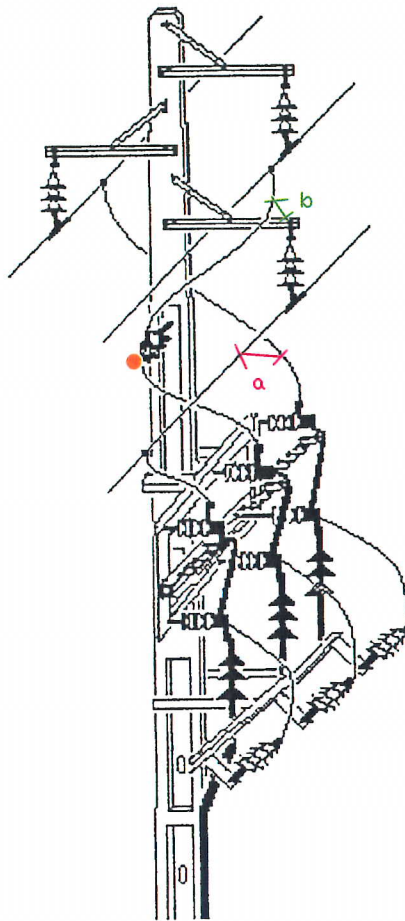
b) Distância entre fase terra  > 480 mm

Recomenda-se a distância de 1500 mm entre a travessa da linha principal e a travessa de derivação.

				PROJ.			
				COP/ALT.			
				DES.	06-12-2006	José Barral	
				VERIF.			
ÍNDICE	DESCRIÇÃO	DATA	ALTERADO	APROVADO	DATA	RUBRICA	
	FORMATO A4						
	ESCALA	<b>TR1AT</b>					
		SUBSTITUI	CÓDIGO DO CAMPO DE APLICAÇÃO		DESENHO N° <b>036</b>	ÍNDICE	



EDP Distribuição - DNT




Legenda

a) Distância entre fases  $\text{---} \text{---} \text{---} > 540 \text{ mm}$

b) Distância entre fase terra  $\text{---} \text{---} \text{---} > 480 \text{ mm}$

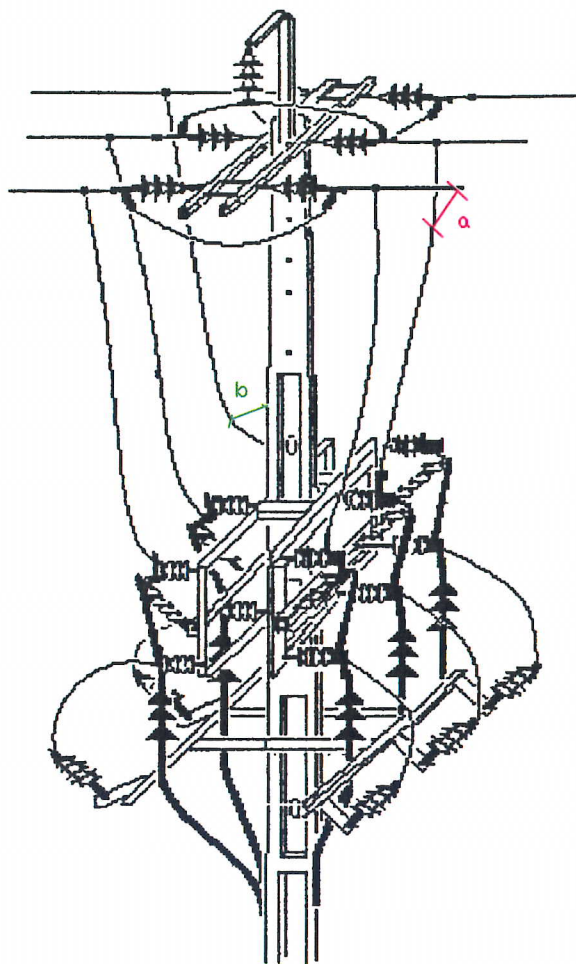
Recomenda-se a distância de 1500 mm entre a travessa da linha principal e a travessa de derivação.

● — Arco suportado por isolador rígido de eixo horizontal com BIL > 250 kV e L > 470 mm

					PROJ.			 EDP Distribuição - DNT
					COP/ALT.			
					DES.	11-12-2006	José Barral	
					VERIF.			
ÍNDICE	DESCRIÇÃO	DATA	ALTERADO	APROVADO		DATA	RUBRICA	
	FORMATO A4				<h1>GS1STSE</h1>			
	ESCALA							
					SUBSTITUI	CÓDIGO DO CAMPO DE APLICAÇÃO	DESENHO N° <b>037</b>	ÍNDICE








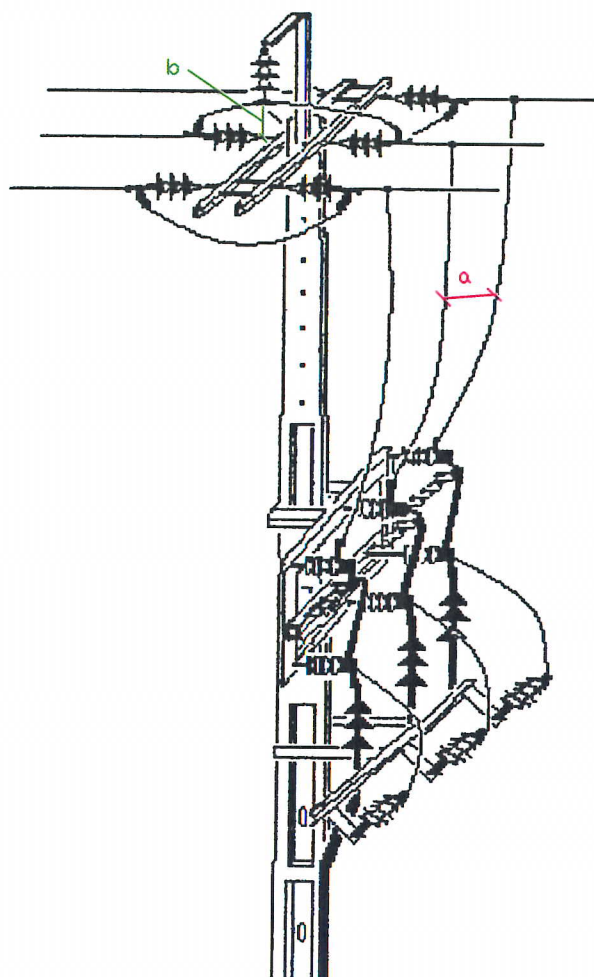
Legenda

a) Distância entre fases ↔ > 540 mm

b) Distância entre fase terra ↔ > 480 mm

Recomenda-se a distância de 1500 mm entre a travessa da linha principal e a travessa de derivação.

					PROJ.			 EDP Distribuição - DNT
					COP/ALT.			
					DES.	06-12-2006	José Barral	
					VERIF.			
ÍNDICE	DESCRIÇÃO	DATA	ALTERADO	APROVADO		DATA	RUBRICA	
	FORMATO A4				HA2S0S			
	ESCALA							
					SUBSTITUI	CÓDIGO DO CAMPO DE APLICAÇÃO	DESENHO N° <b>039</b>	ÍNDICE




Legenda

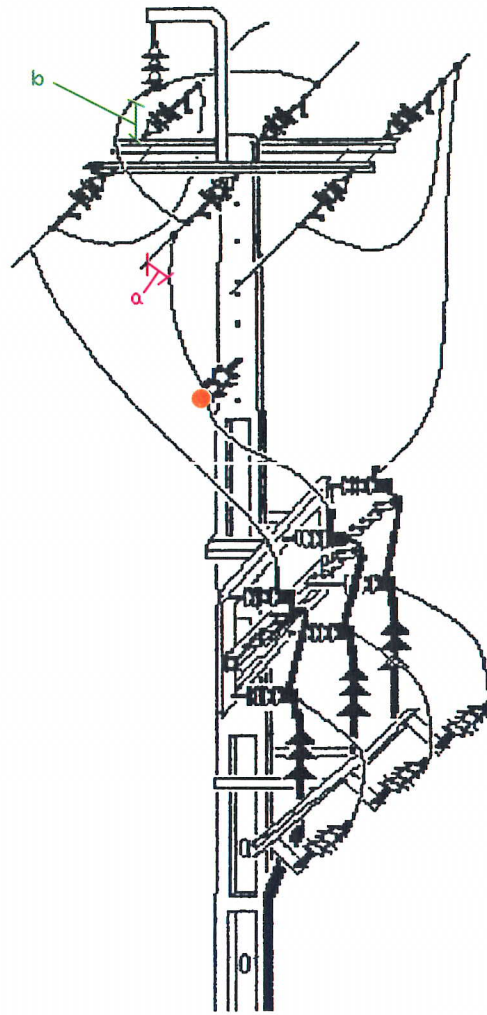
a) Distância entre fases  $\text{---} \text{---} \text{---}$  > 540 mm

b) Distância entre fase terra  $\text{---} \text{---} \text{---}$  > 480 mm

Recomenda-se a distância de 1500 mm entre a travessa da linha principal e a travessa de derivação.

					PROJ.			 EDP Distribuição - DNT
					COP/ALT.			
					DES.	06-12-2006	José Barral	
					VERIF.			
ÍNDICE	DESCRIÇÃO	DATA	ALTERADO	APROVADO		DATA	RUBRICA	
	FORMATO A4							
	ESCALA	<h1>HA1S0S</h1>						
		SUBSTITUI		CÓDIGO DO CAMPO DE APLICAÇÃO		DESENHO N° <b>040</b>	ÍNDICE	






Legenda

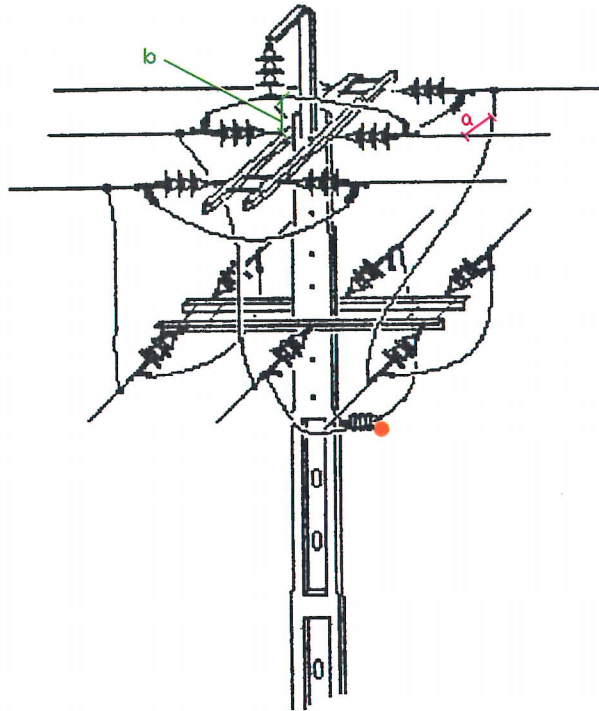
a) Distância entre fases  > 540 mm

b) Distância entre fase terra  > 480 mm

Recomenda-se a distância de 1500 mm entre a travessa da linha principal e a travessa de derivação.

● — Arco suportado por isolador rígido de eixo horizontal com BIL > 250 kV e L > 470 mm

					PROJ.			 EDP Distribuição - DNT
					COP/ALT.			
					DES.	06-12-2006	José Barral	
					VERIF.			
ÍNDICE	DESCRIÇÃO	DATA	ALTERADO	APROVADO	DATA	RUBRICA		
	FORMATO A4							
	ESCALA	<h1>HA1STS</h1>						
	SUBSTITUI	CÓDIGO DO CAMPO DE APLICAÇÃO	DESENHO Nº	ÍNDICE				
			041					




**Legenda**

a) Distância entre fases  > 540 mm

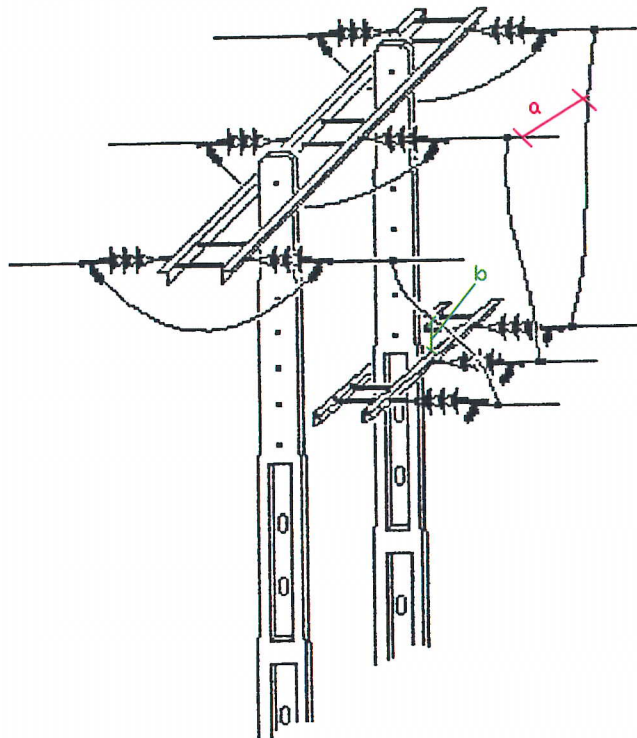
b) Distância entre fase terra  > 480 mm

Recomenda-se a distância de 1500 mm entre a travessa da linha principal e a travessa de derivação.

 — Arco suportado por isolador rígido de eixo horizontal com BIL > 250 kV e L > 470 mm

					PROJ.			 EDP Distribuição - DNT
					COP/ALT.			
					DES.	06-12-2006	José Barral	
					VERIF.			
ÍNDICE	DESCRIÇÃO	DATA	ALTERADO	APROVADO		DATA	RUBRICA	
	FORMATO A4							
	ESCALA	<h1>HA2AT</h1>						
	SUBSTITUI	CÓDIGO DO CAMPO DE APLICAÇÃO		DESENHO N°		ÍNDICE		
				042				






**Legenda**

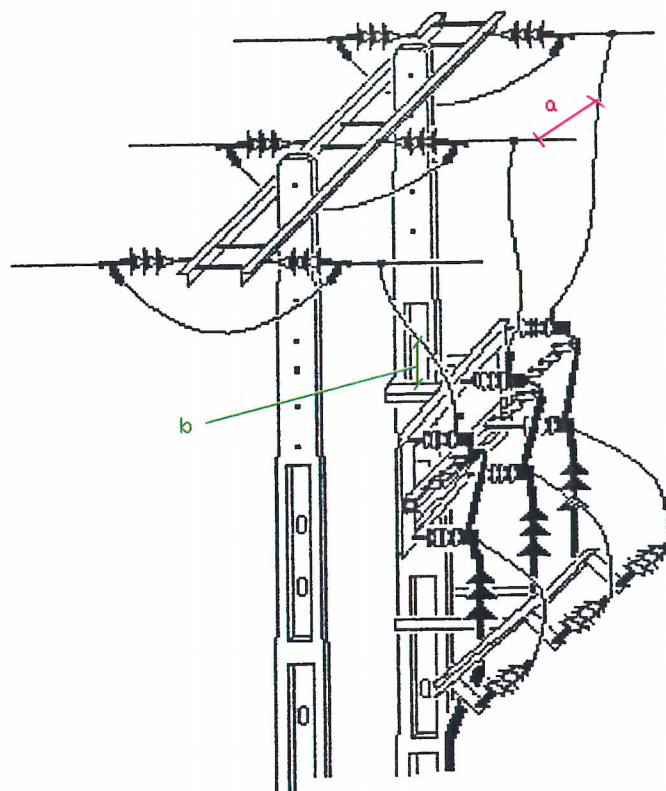
a) Distância entre fases ↔ — > 540 mm

b) Distância entre fase terra ↔ — > 480 mm

Recomenda-se a distância de 1500 mm entre a travessa da linha principal e a travessa de derivação.

					PROJ.			 EDP Distribuição - DNT
					COP/ALT.			
					DES.	06-12-2006	José Barral	
					VERIF.			
ÍNDICE	DESCRIÇÃO	DATA	ALTERADO	APROVADO		DATA	RUBRICA	
	FORMATO A4							
	ESCALA	<h1>HPA1A0</h1>						
		SUBSTITUI		CÓDIGO DO CAMPO DE APLICAÇÃO		DESENHO N° <b>044</b>	ÍNDICE	






Legenda

a) Distância entre fases ——— > 540 mm

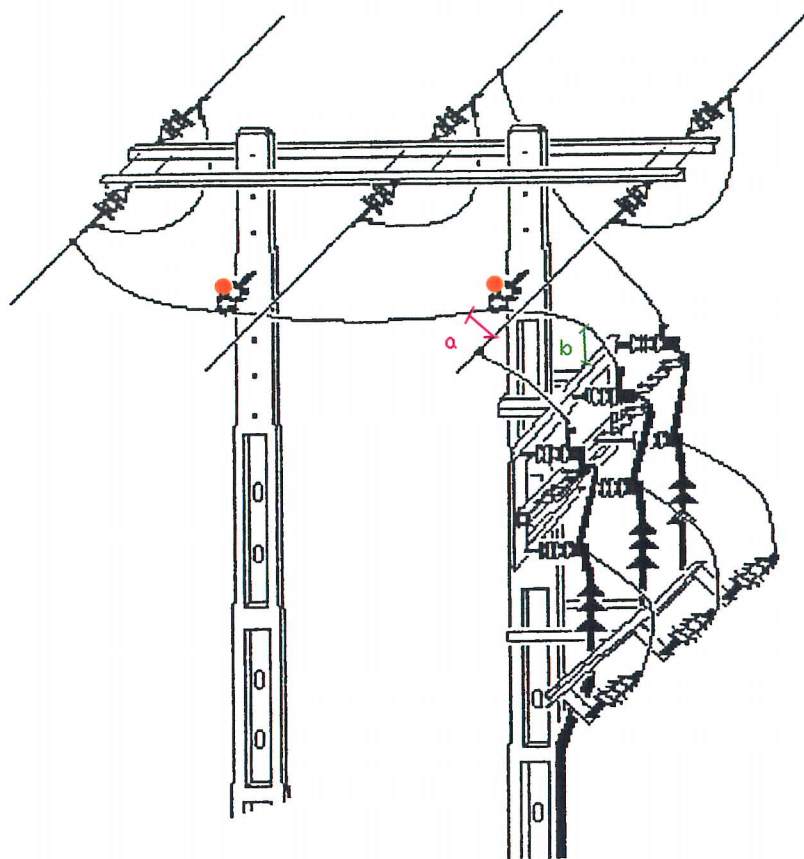
b) Distância entre fase terra ——— > 480 mm

Recomenda-se a distância de 1500 mm entre a travessa da linha principal e a travessa de derivação.

					PROJ.			 EDP Distribuição - DNT
					COP/ALT.			
					DES.	05-12-2006	José Barral	
					VERIF.			
ÍNDICE	DESCRIÇÃO	DATA	ALTERADO	APROVADO	DATA	RUBRICA		
	FORMATO A4							
	ESCALA	HPA1S0S						
		SUBSTITUI	CÓDIGO DO CAMPO DE APLICAÇÃO		DESENHO N° <b>045</b>	ÍNDICE		








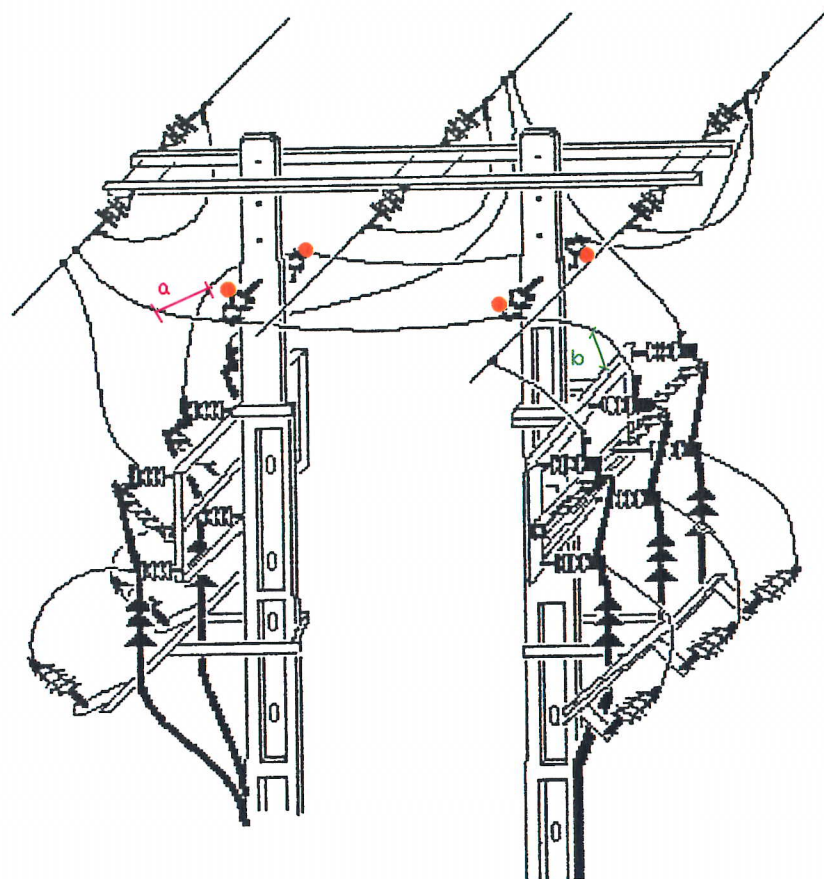
**Legenda**

- a) Distância entre fases ↔ — > 540 mm
- b) Distância entre fase terra ↔ — > 480 mm

Recomenda-se a distância de 1500 mm entre a travessa da linha principal e a travessa de derivação.

- — Arco suportado por isolador rígido de eixo horizontal com BIL > 250 kV e L > 470 mm

					PROJ.			 EDP Distribuição - DNT
					COP/ALT.			
					DES.	05-12-2006	José Barral	
					VERIF.			
ÍNDICE	DESCRIÇÃO	DATA	ALTERADO	APROVADO		DATA	RUBRICA	
	FORMATO A4							
	ESCALA							
<b>HPA1STS</b>								



Legenda

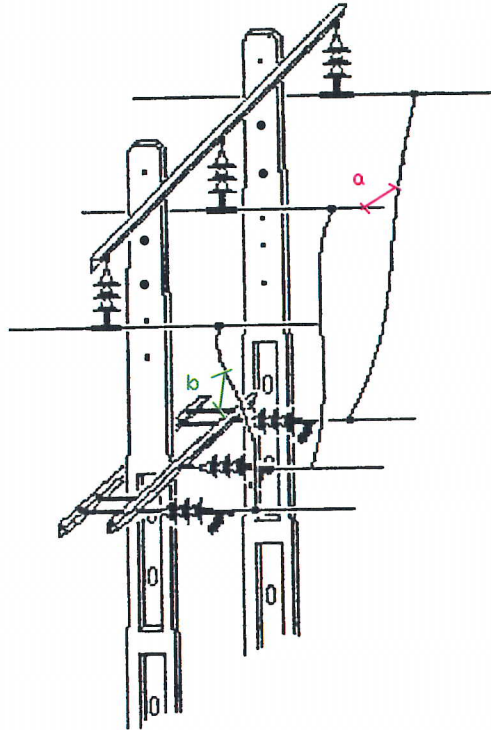
- a) Distância entre fases ↔ — > 540 mm
- b) Distância entre fase terra ↔ — > 480 mm

Recomenda-se a distância de 1500 mm entre a travessa da linha principal e a travessa de derivação.

- — Arco suportado por isolador rígido de eixo horizontal com BIL > 250 kV e L > 470 mm

				PROJ.			
				COP/ALT.			
				DES.	05-12-2006	José Barral	
				VERIF.			
INDICE	DESCRIÇÃO	DATA	ALTERADO	APROVADO	DATA	RUBRICA	
	FORMATO A4						
	ESCALA	<b>HPA2STS</b>					
		SUBSTITUI	CÓDIGO DO CAMPO DE APLICAÇÃO		DESENHO N° <b>048</b>	INDICE	






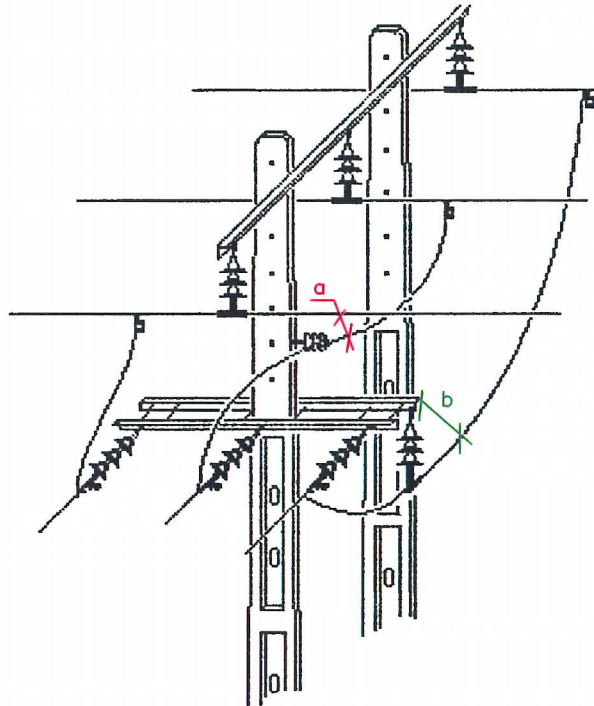
Legenda

a) Distância entre fases  > 540 mm

b) Distância entre fase terra  > 480 mm

Recomenda-se a distância de 1500 mm entre a travessa da linha principal e a travessa de derivação.

				PROJ.			
				COP/ALT.			
				DES.	05-11-2006	José Barral	 EDP Distribuição - DNT
				VERIF.			
INDICE	DESCRIÇÃO	DATA	ALTERADO	APROVADO	DATA	RUBRICA	
	FORMATO A4						
	ESCALA	HPS1A0					
		SUBSTITUI	CÓDIGO DO CAMPO DE APLICAÇÃO		DESENHO N° <b>049</b>	INDICE	




Legenda

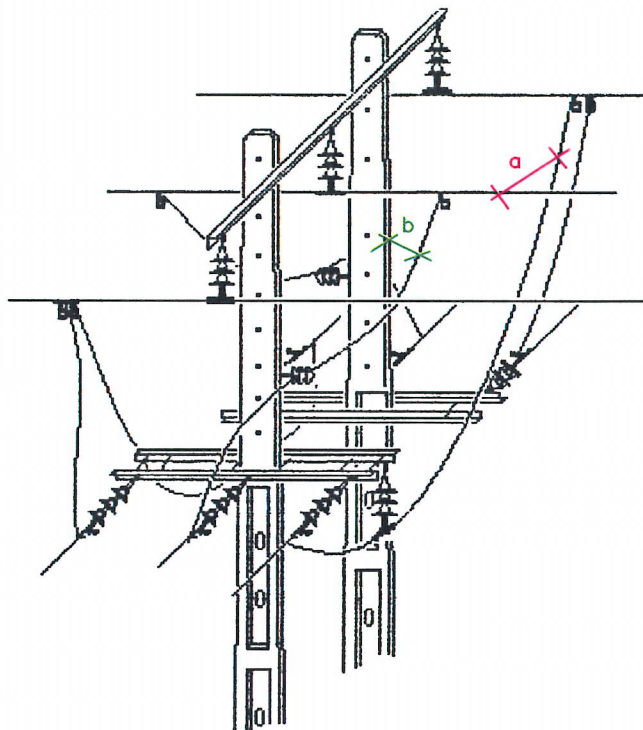
a) Distância entre fases  > 540 mm

b) Distância entre fase terra  > 480 mm

Recomenda-se a distância de 1500 mm entre a travessa da linha principal e a travessa de derivação.

					PROJ.			 EDP Distribuição - DNT
					COP/ALT.			
					DES.	05-12-2006	José Barral	
					VERIF.			
ÍNDICE	DESCRIÇÃO	DATA	ALTERADO	APROVADO		DATA	RUBRICA	
	FORMATO A4							<h1>HPS1AT</h1>
	ESCALA							
					SUBSTITUI	CÓDIGO DO CAMPO DE APLICAÇÃO	DESENHO N° <b>050</b>	






**Legenda**

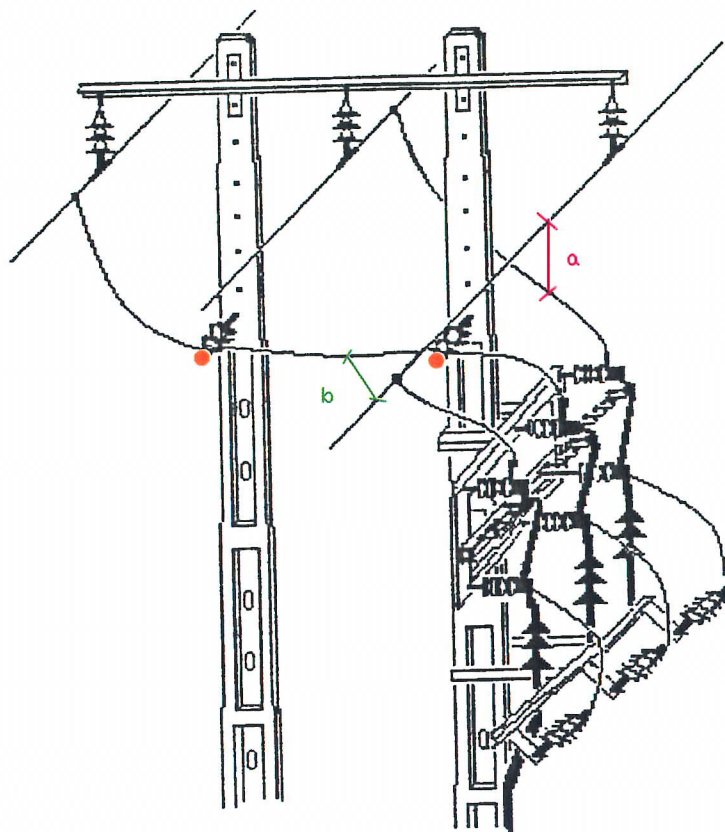
- a) Distância entre fases ↔ > 540 mm
- b) Distância entre fase terra ↔ > 480 mm

Recomenda-se a distância de 1500 mm entre a travessa da linha principal e a travessa de derivação.

					PROJ.			 EDP Distribuição - DNT
					COP/ALT.			
					DES.	05-12-2006	José Barral	
					VERIF.			
INDICE	DESCRIÇÃO	DATA	ALTERADO	APROVADO		DATA	RUBRICA	
	FORMATO A4							
	ESCALA							<b>HPS2AT</b>
					SUBSTITUI	CÓDIGO DO CAMPO DE APLICAÇÃO	DESENHO N° <b>051</b>	INDICE








**Legenda**

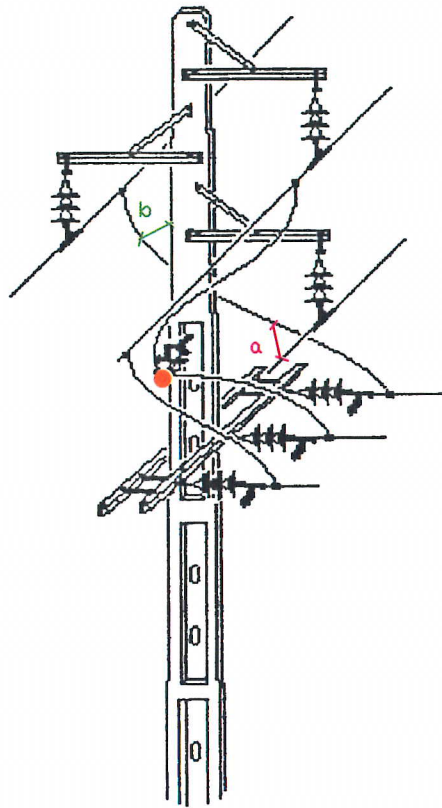
a) Distância entre fases  > 540 mm

b) Distância entre fase terra  > 480 mm

Recomenda-se a distância de 1500 mm entre a travessa da linha principal e a travessa de derivação.

● — Arco suportado por isolador rígido de eixo horizontal com BIL > 250 kV e L > 470 mm

					PROJ.			 EDP Distribuição - DNT
					COP/ALT.			
					DES.	05-12-2006	José Barral	
					VERIF.			
ÍNDICE	DESCRIÇÃO	DATA	ALTERADO	APROVADO		DATA	RUBRICA	
	FORMATO A4				<b>HPS1STS</b>			
	ESCALA							
					SUBSTITUI	CÓDIGO DO CAMPO DE APLICAÇÃO	DESENHO N° <b>053</b>	ÍNDICE




Legenda

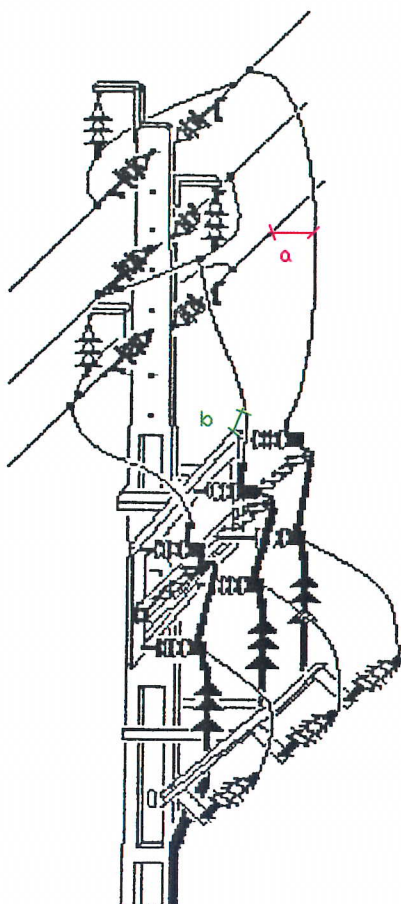
a) Distância entre fases  > 540 mm

b) Distância entre fase terra  > 480 mm

Recomenda-se a distância de 1500 mm entre a travessa da linha principal e a travessa de derivação.

● — Arco suportado por isolador rígido de eixo horizontal com BIL > 250 kV e L > 470 mm


					PROJ.			 EDP Distribuição - DNT	
					COP/ALT.				
					DES.	05-12-2006	José Barral		
					VERIF.				
INDICE	DESCRIÇÃO	DATA	ALTERADO	APROVADO		DATA	RUBRICA		
	FORMATO A4				<h1>GS1ATE</h1>				
	ESCALA								
					SUBSTITUI	CÓDIGO DO CAMPO DE APLICAÇÃO	DESENHO N° <b>054</b>	INDICE	



Legenda

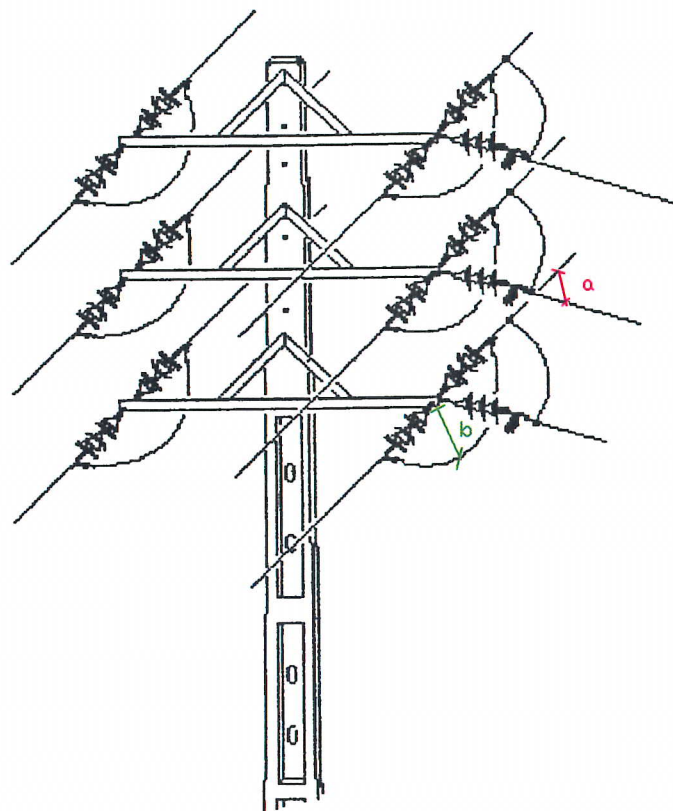
- a) Distância entre fases ↔ — > 540 mm
- b) Distância entre fase terra ↔ — > 480 mm

Recomenda-se a distância de 1500 mm entre a travessa da linha principal e a travessa de derivação.

					PROJ.			 EDP Distribuição - DNT
					COP/ALT.			
					DES.	05-12-2006	José Barral	
					VERIF.			
ÍNDICE	DESCRIÇÃO	DATA	ALTERADO	APROVADO		DATA	RUBRICA	
	FORMATO A4							
	ESCALA							
								<b>VA1STS</b>
					SUBSTITUI	CÓDIGO DO CAMPO DE APLICAÇÃO	DESENHO N° <b>055</b>	ÍNDICE








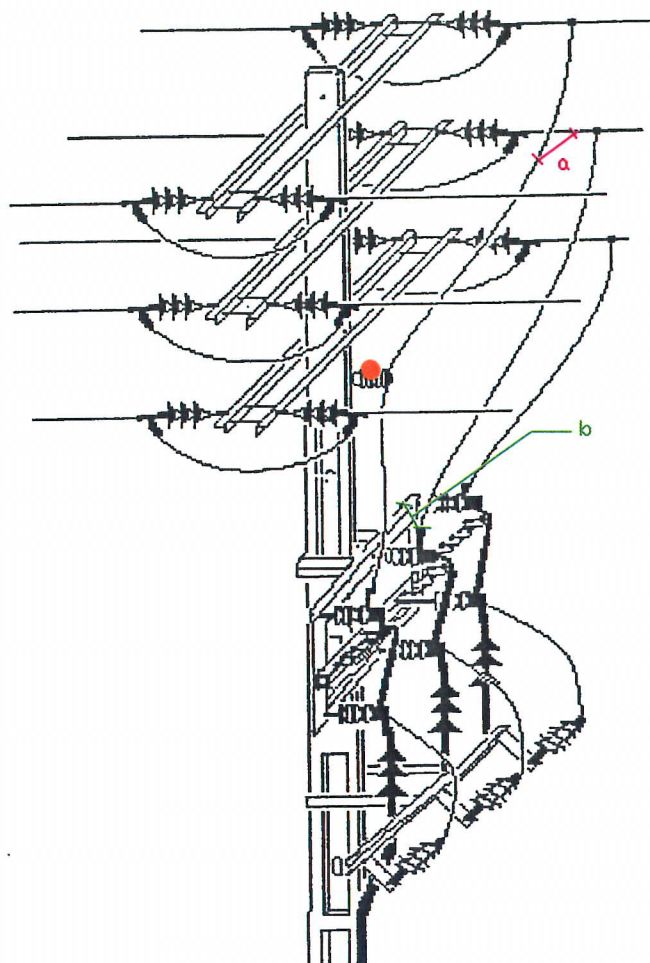
Legenda

a) Distância entre fases  $\longleftrightarrow$   $\longrightarrow$  > 540 mm

b) Distância entre fase terra  $\longleftrightarrow$   $\longrightarrow$  > 480 mm

Recomenda-se a distância de 1500 mm entre a travessa da linha principal e a travessa de derivação.

					PROJ.			 EDP Distribuição - DNT
					COP/ALT.			
					DES.	05-12-2006	José Barral	
					VERIF.			
ÍNDICE	DESCRIÇÃO	DATA	ALTERADO	APROVADO		DATA	RUBRICA	
	FORMATO A4				<h1>VDA1ATV</h1>			
	ESCALA							
					SUBSTITUI	CÓDIGO DO CAMPO DE APLICAÇÃO	DESENHO N° <b>057</b>	ÍNDICE



Legenda

a) Distância entre fases  > 540 mm

b) Distância entre fase terra  > 480 mm

Recomenda-se a distância de 1500 mm entre a travessa da linha principal e a travessa de derivação.

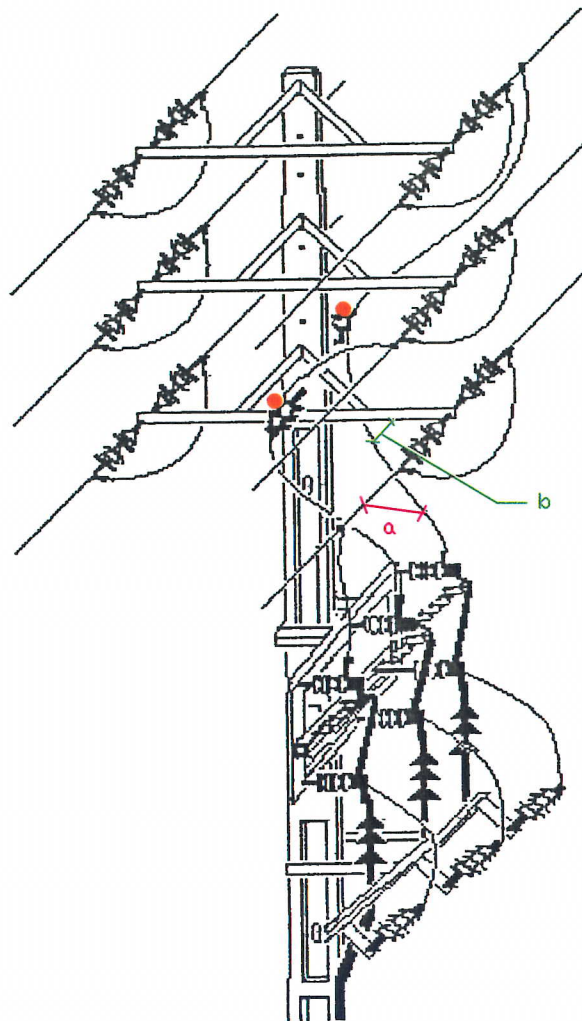
● — Arco suportado por isolador rígido de eixo horizontal com BIL > 250 kV e L > 470 mm

				PROJ.			
				COP/ALT.			
				DES.	05-12-2006	José Barral	
				VERIF.			
ÍNDICE	DESCRIÇÃO	DATA	ALTERADO	APROVADO	DATA	RUBRICA	
	FORMATO A4						
	ESCALA	VDA1S0S					
		SUBSTITUI	CÓDIGO DO CAMPO DE APLICAÇÃO		DESENHO N° <b>058</b>	ÍNDICE	



EDP Distribuição - DNT






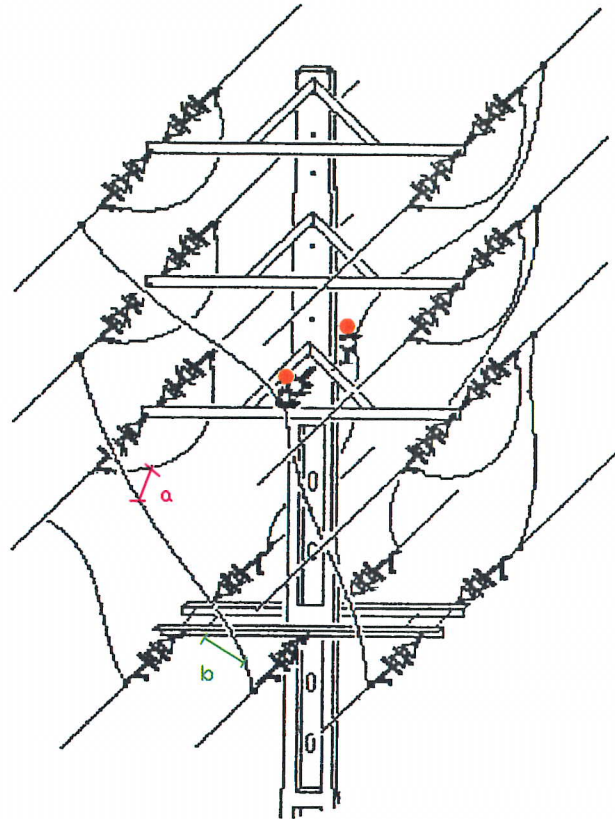
Legenda

- a) Distância entre fases — / — > 540 mm
- b) Distância entre fase terra — / — > 480 mm

Recomenda-se a distância de 1500 mm entre a travessa da linha principal e a travessa de derivação.

- — Arco suportado por isolador rígido de eixo horizontal com BIL > 250 kV e L > 470 mm

					PROJ.			 EDP Distribuição - DNT
					COP/ALT.			
					DES.	06-12-2006	José Barral	
					VERIF.			
INDICE	DESCRIÇÃO	DATA	ALTERADO	APROVADO		DATA	RUBRICA	
	FORMATO A4				VDA1STS			
	ESCALA							
					SUBSTITUI	CÓDIGO DO CAMPO DE APLICAÇÃO	DESENHO N° <b>059</b>	INDICE




**Legenda**

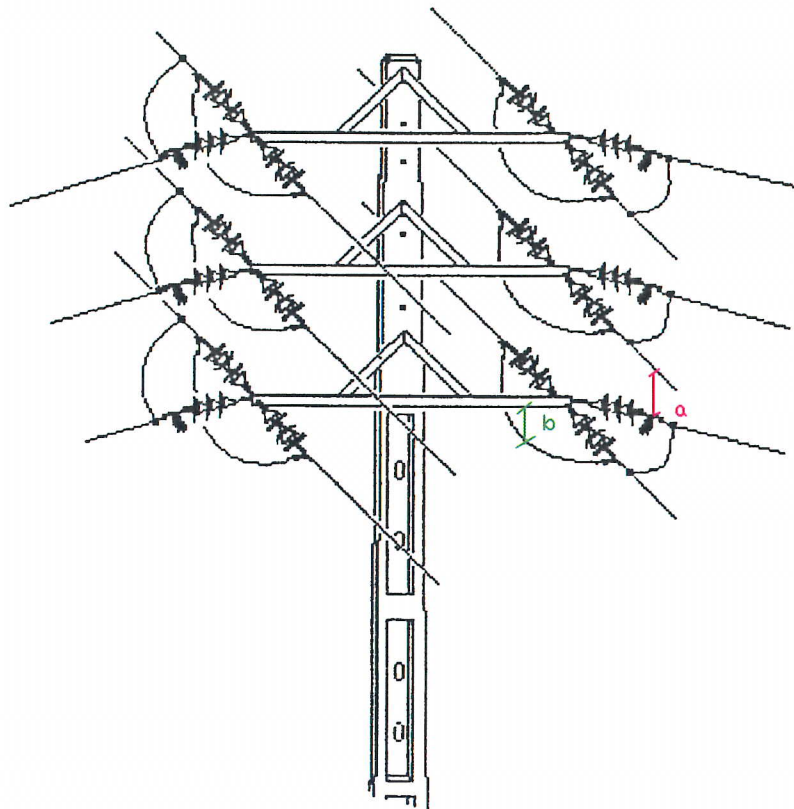
a) Distância entre fases  > 540 mm

b) Distância entre fase terra  > 480 mm

Recomenda-se a distância de 1500 mm entre a travessa da linha principal e a travessa de derivação.

 — Arco suportado por isolador rígido de eixo horizontal com BIL > 250 kV e L > 470 mm


					PROJ.			 EDP Distribuição - DNT
					COP/ALT.			
					DES.	05-12-2006	José Barral	
					VERIF.			
ÍNDICE	DESCRIÇÃO	DATA	ALTERADO	APROVADO		DATA	RUBRICA	
	FORMATO A4				<h1>VDA2A0</h1>			
	ESCALA							
					SUBSTITUI	CÓDIGO DO CAMPO DE APLICAÇÃO	DESENHO Nº	ÍNDICE
							060	



Legenda

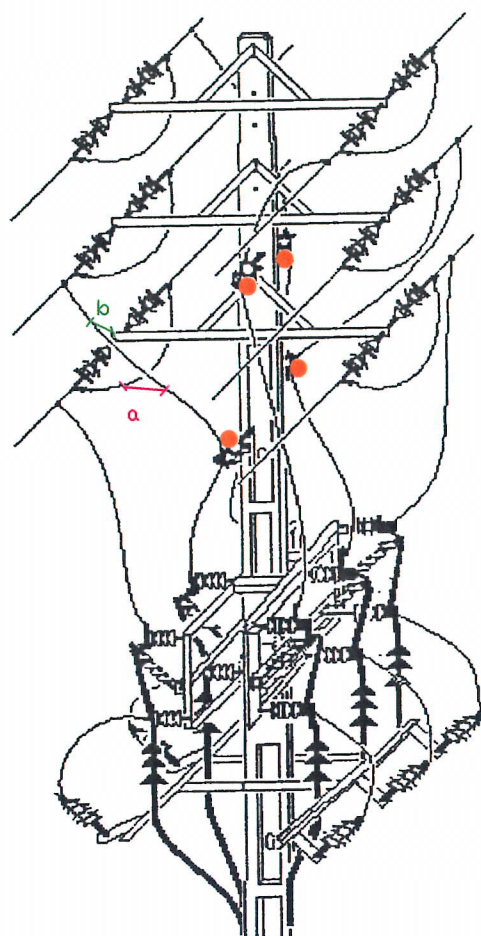
- a) Distância entre fases   $> 540 \text{ mm}$
- b) Distância entre fase terra   $> 480 \text{ mm}$

Recomenda-se a distância de 1500 mm entre a travessa da linha principal e a travessa de derivação.

					PROJ.			 EDP Distribuição - DNT
					COP/ALT.			
					DES.	05-12-2006	José Barral	
					VERIF.			
ÍNDICE	DESCRIÇÃO	DATA	ALTERADO	APROVADO		DATA	RUBRICA	
	FORMATO A4							
	ESCALA							
					<b>VDA2ATV</b>			
					SUBSTITUI	CÓDIGO DO CAMPO DE APLICAÇÃO	DESENHO N° <b>061</b>	ÍNDICE








Legenda

a) Distância entre fases   $> 540 \text{ mm}$

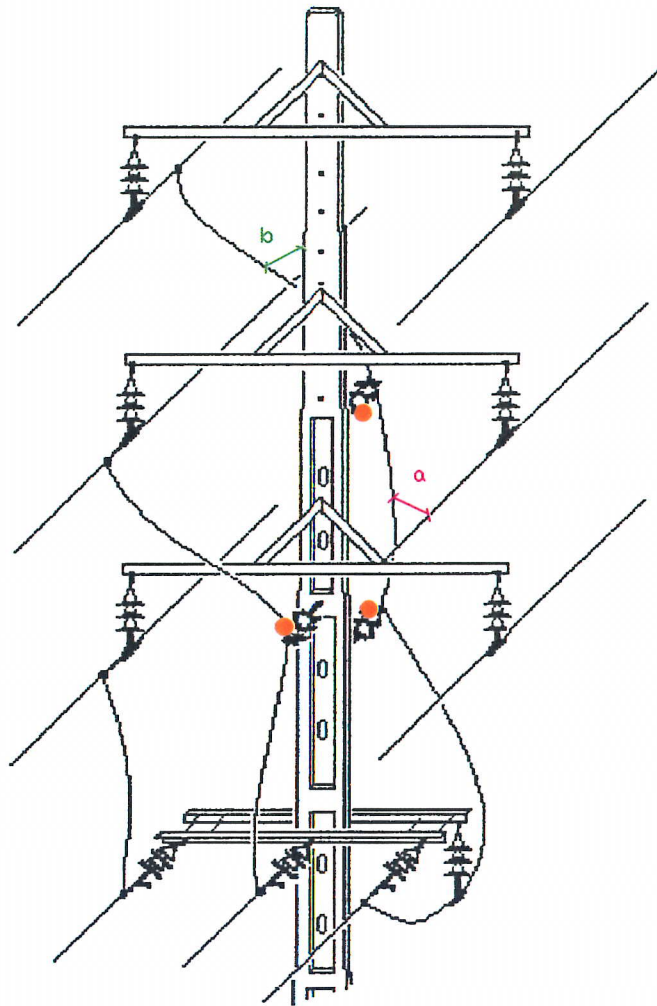
b) Distância entre fase terra   $> 480 \text{ mm}$

Recomenda-se a distância de 1500 mm entre a travessa da linha principal e a travessa de derivação.

 — Arco suportado por isolador rígido de eixo horizontal com BIL  $> 250 \text{ kV}$  e  $L > 470 \text{ mm}$

					PROJ.			 EDP Distribuição - DNT
					COP/ALT.			
					DES.	05-12-2006	José Barral	
					VERIF.			
ÍNDICE	DESCRIÇÃO	DATA	ALTERADO	APROVADO		DATA	RUBRICA	
	FORMATO A4				<h1>VDA2STS</h1>			
	ESCALA							
					SUBSTITUI	CÓDIGO DO CAMPO DE APLICAÇÃO	DESENHO N° <b>063</b>	ÍNDICE






Legenda

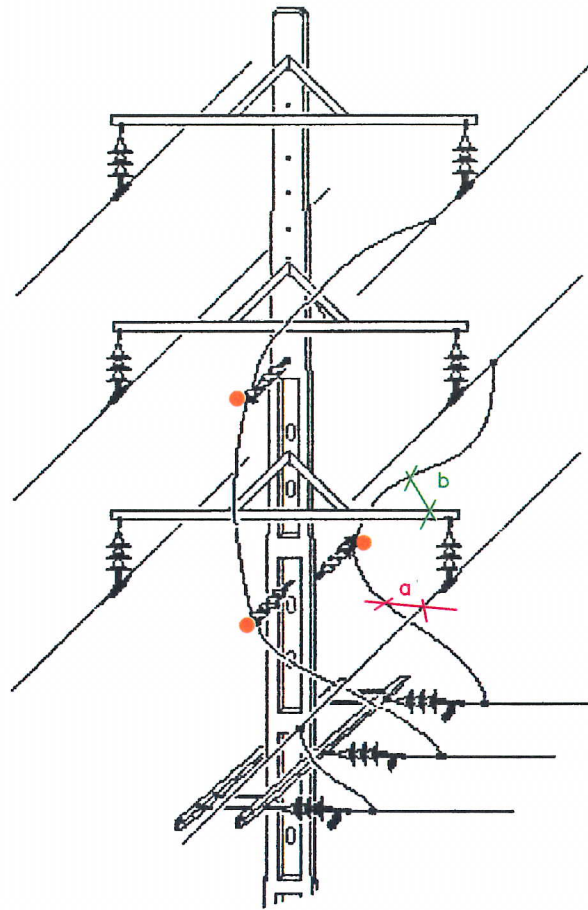
a) Distância entre fases  $\text{---} \text{---} \text{---} > 540 \text{ mm}$

b) Distância entre fase terra  $\text{---} \text{---} \text{---} > 480 \text{ mm}$

Recomenda-se a distância de 1500 mm entre a travessa da linha principal e a travessa de derivação.

● — Arco suportado por isolador rígido de eixo horizontal com BIL > 250 kV e L > 470 mm

					PROJ.			 EDP Distribuição - DNT
					COP/ALT.			
					DES.	05-12-2006	José Barral	
					VERIF.			
ÍNDICE	DESCRIÇÃO	DATA	ALTERADO	APROVADO		DATA	RUBRICA	
	FORMATO A4							<h1>VDS1A0</h1>
	ESCALA							
					SUBSTITUI	CÓDIGO DO CAMPO DE APLICAÇÃO	DESENHO N° <b>064</b>	




**Legenda**

a) Distância entre fases   $> 540 \text{ mm}$

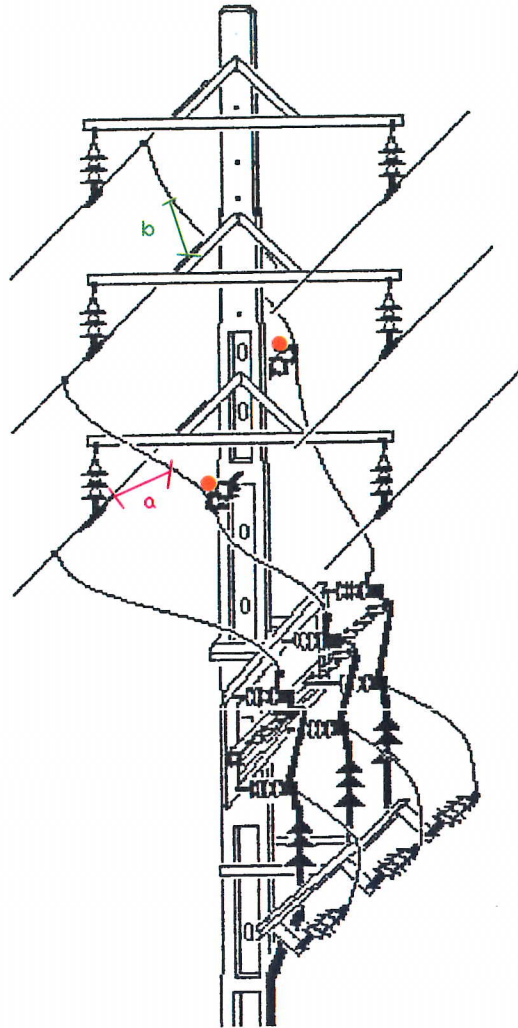
b) Distância entre fase terra   $> 480 \text{ mm}$

Recomenda-se a distância de 1500 mm entre a travessa da linha principal e a travessa de derivação.

 — Arco suportado por isolador rígido de eixo horizontal com BIL  $> 250 \text{ kV}$  e  $L > 470 \text{ mm}$

					PROJ.			 EDP Distribuição - DNT
					COP/ALT.			
					DES.	05-12-2006	José Barral	
					VERIF.			
ÍNDICE	DESCRIÇÃO	DATA	ALTERADO	APROVADO		DATA	RUBRICA	
	FORMATO A4				<b>VDS1AT</b>			
	ESCALA							
					SUBSTITUI	CÓDIGO DO CAMPO DE APLICAÇÃO	DESENHO N° <b>065</b>	ÍNDICE






Legenda

a) Distância entre fases  $\longleftarrow \longrightarrow$   $> 540$  mm

b) Distância entre fase terra  $\longleftarrow \longrightarrow$   $> 480$  mm

Recomenda-se a distância de 1500 mm entre a travessa da linha principal e a travessa de derivação.

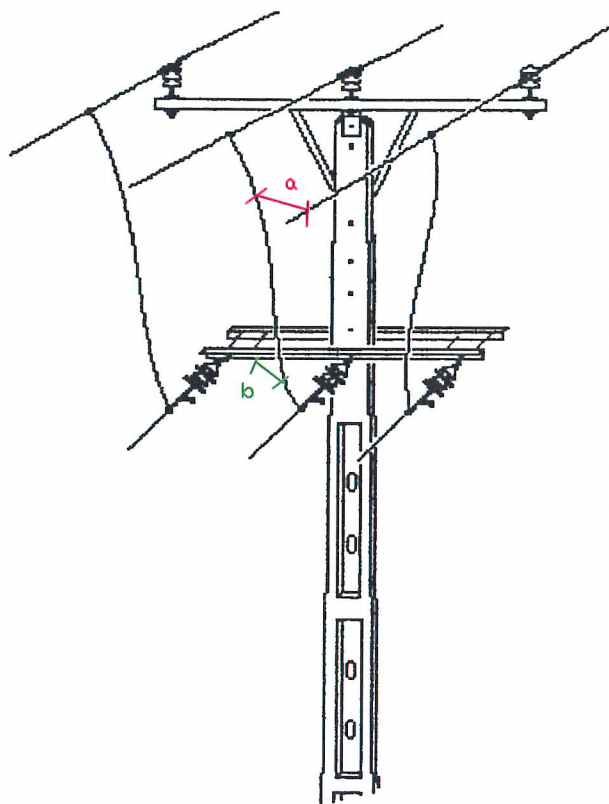
● — Arco suportado por isolador rígido de eixo horizontal com BIL  $> 250$  kV e L  $> 470$  mm

					PROJ.			 EDP Distribuição - DNT
					COP/ALT.			
					DES.	07-12-2006	José Barral	
					VERIF.			
INDICE	DESCRIÇÃO	DATA	ALTERADO	APROVADO		DATA	RUBRICA	
	FORMATO A4							
	ESCALA							
					<b>VDS1STS</b>			
					SUBSTITUI	CÓDIGO DO CAMPO DE APLICAÇÃO	DESENHO N° <b>067</b>	INDICE










Legenda

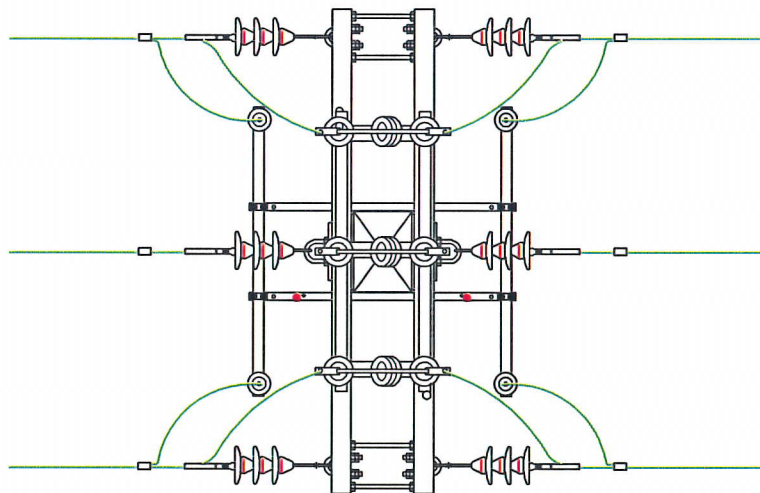
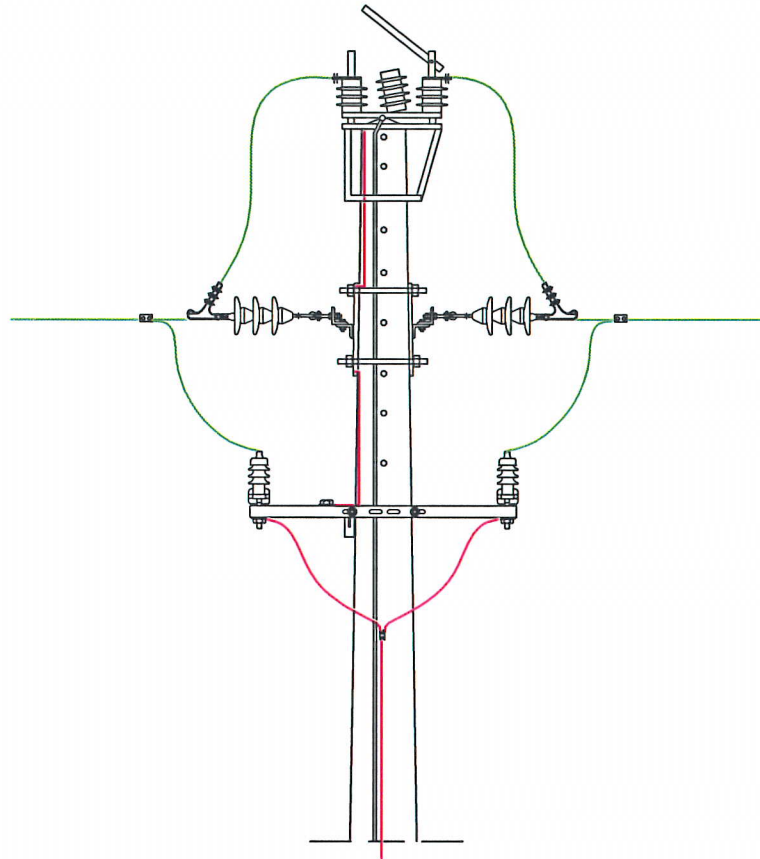
a) Distância entre fases ↔ > 540 mm

b) Distância entre fase terra ↔ > 480 mm

Recomenda-se a distância de 1500 mm entre a travessa da linha principal e a travessa de derivação.

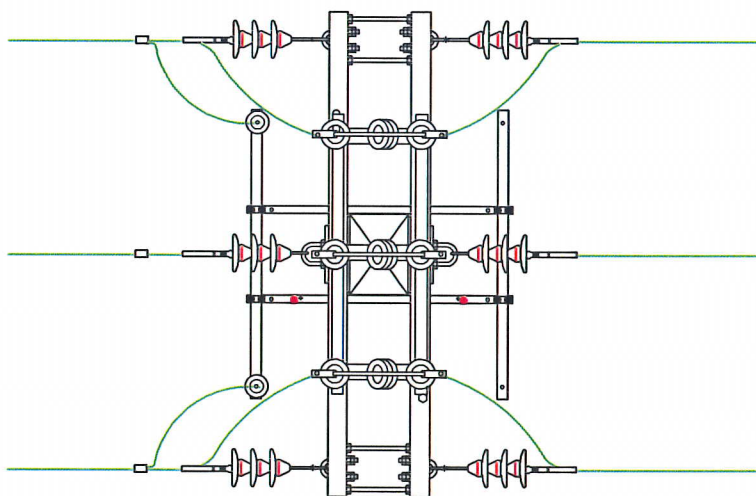
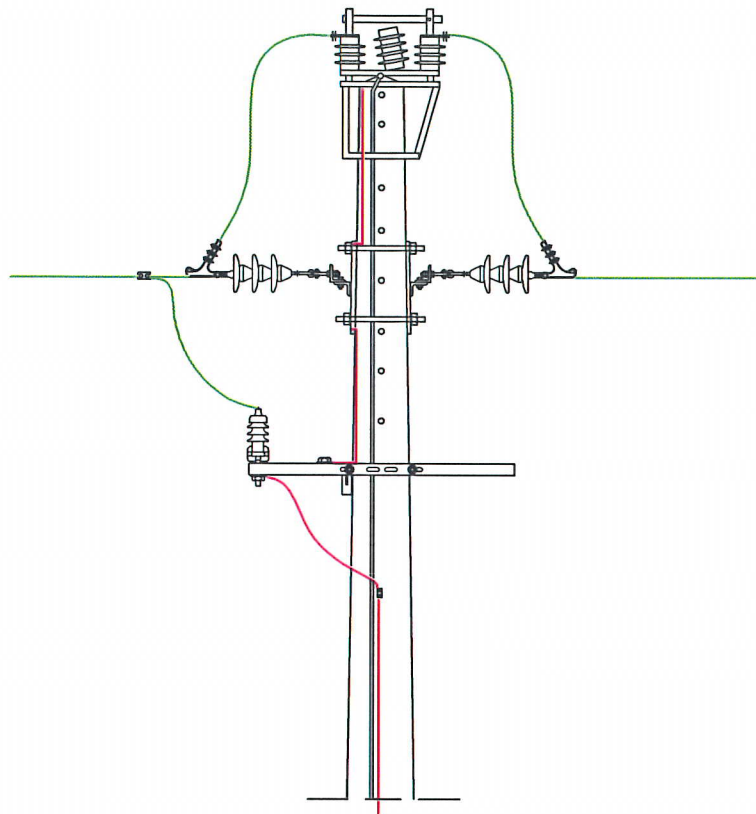
					PROJ.			 EDP Distribuição - DNT
					COP/ALT.			
					DES.	06-12-2006	José Barral	
					VERIF.			
ÍNDICE	DESCRIÇÃO	DATA	ALTERADO	APROVADO		DATA	RUBRICA	
	FORMATO A4							<h1>HR1A0</h1>
	ESCALA							
					SUBSTITUI	CÓDIGO DO CAMPO DE APLICAÇÃO	DESENHO N° <b>069</b>	






NOTA: Com o seccionador aberto os DST, ficam dos dois lados.

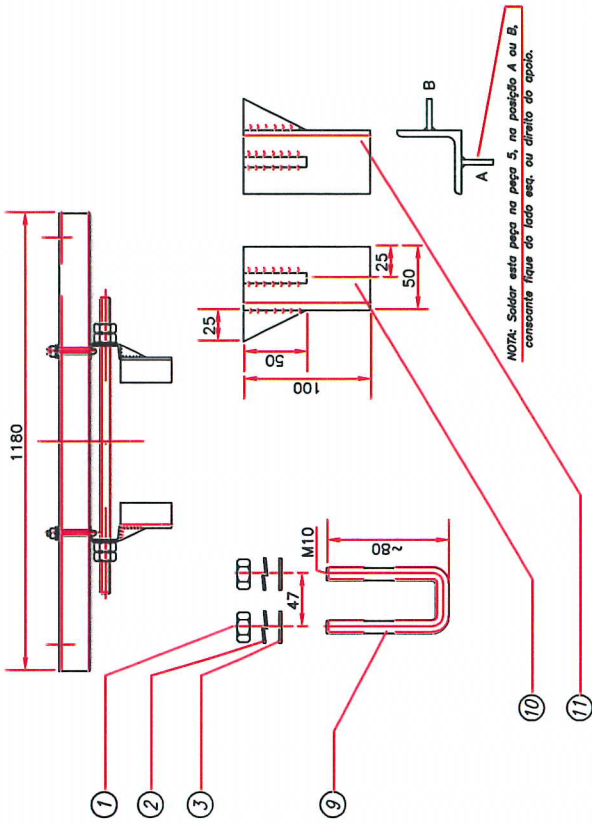
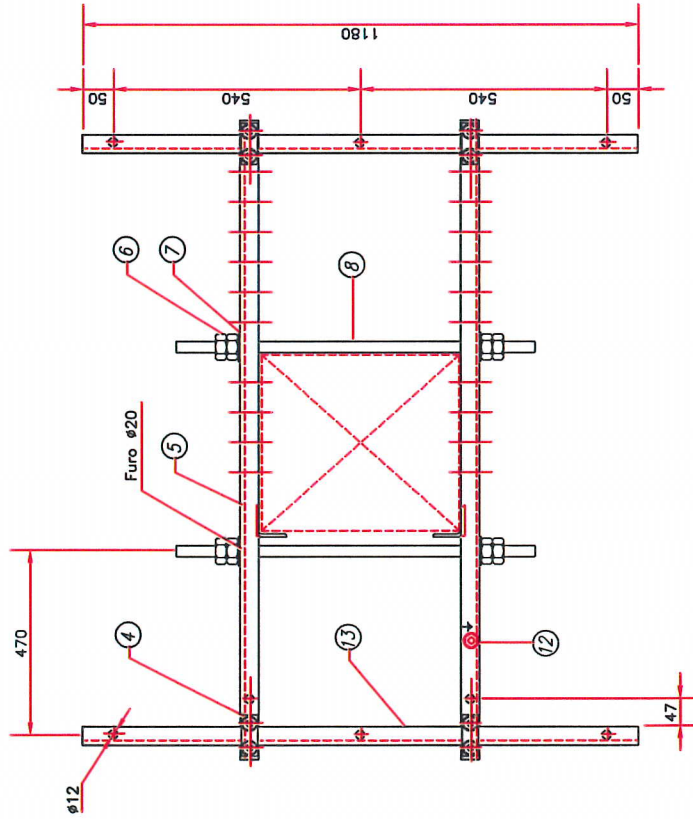
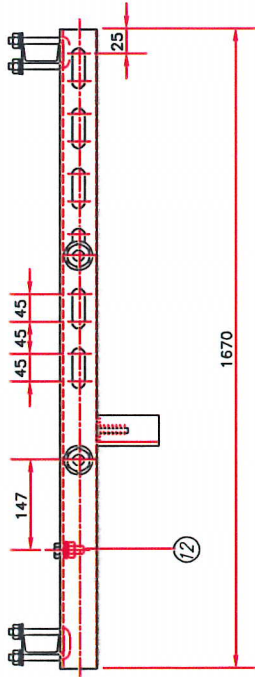
					PROJ.			 EDP Distribuição - DTI
					COP/ALT.			
					DES.	30-01-2008	José Barral	
					VERIF.			
ÍNDICE	DESCRIÇÃO	DATA	ALTERADO	APROVADO		DATA	RUBRICA	
	FORMATO A4							<h2>SECCIONADOR HORIZOMTAL NA C/ DST</h2>
	ESCALA							
					SUBSTITUI	CÓDIGO DO CAMPO DE APLICAÇÃO	DESENHO N° <b>071</b>	



NOTA: Com o seccionador fechado os DST, ficam do lado da alimentação.

					PROJ.			 EDP Distribuição - DTI
					COP/ALT.			
					DES.	30-01-2008	José Barral	
					VERIF.			
ÍNDICE	DESCRIÇÃO	DATA	ALTERADO	APROVADO		DATA	RUBRICA	
	FORMATO A4							
	ESCALA	SECCIONADOR HORIZONTAL NF C/ DST						
		SUBSTITUI	CÓDIGO DO CAMPO DE APLICAÇÃO			DESENHO N° <b>072</b>	ÍNDICE	





13	Ferro U 60x30x5	2/1
12	Parafuso cabeça sext. M 16x30 c/porca e anilha (TP)	1
11	Chapa de apo 5mm de esp.	2
10	Cantonleira L 50x50x6	4/2
9	Varão roscado M 10x215	2
8	Varão roscado M 18x800	4
7	Anilha plana M 18	8
6	Porca sextavada M 18	2
5	Ferro U 60x30x5	4/2
4	Chapa de apo 75x25x4	8/4
3	Anilha plana M 10	
2	Anilha de moia M 10	
1	Porca sextavada M 10	

PROJ.	COPI/ALT.	DES.	VERIF.	DATA	APROVADO	RUBRICA
		30-01-2008	José Barral			

INDICE	DESCRICAO	Nº Peças	Observações



FORMATO A4

## FERRAGEM SUPORTE P/DST

SUBSTITUI	CODIGO DO CAMPO DE APLICAO	DESENHO Nº	INDICE
		073	