

MANUEL BOLOTINHA

2.<sup>a</sup> Edição

# Distribuição de Energia Eléctrica em Média e Baixa Tensão Manual

AUTOR

**Manuel Bolotinha**

TÍTULO

**Distribuição de Energia Eléctrica em Média e Baixa Tensão** – Manual | 2.ª edição

EDIÇÃO

Quântica Editora – Conteúdos Especializados, Lda.

Praça da Corujeira n.º 38 4300-144 PORTO – geral@quanticaeditora.pt . www.quanticaeditora.pt

CHANCELA

Engebook – Conteúdos de Engenharia

DISTRIBUIÇÃO

Booki – Conteúdos Especializados

Tel. 220 104 872 . Fax 220 104 871 . info@booki.pt – www.booki.pt

PARCEIRO DE COMUNICAÇÃO

oelectrícista – Revista Técnica

REVISÃO

Quântica Editora – Conteúdos Especializados, Lda.

DESIGN

André Oliveira

Publindústria, Produção de Comunicação, Lda.

IMPRESSÃO

Janeiro, 2019

DEPÓSITO LEGAL

443729/18



A **cópia ilegal** viola os direitos dos autores.

Os prejudicados somos todos nós.

Copyright © 2018 | Publindústria, Produção de Comunicação, Lda.

Todos os direitos reservados a Publindústria, Produção de Comunicação, Lda.

Nenhuma parte desta publicação poderá ser reproduzida, no todo ou em parte, sob qualquer forma ou meio, seja eletrónico, mecânico, de fotocópia, de gravação ou outros sem autorização prévia por escrito do autor.

Este livro não se encontra com o novo acordo ortográfico.

CDU

621.3 Energia Eléctrica.

ISBN

Papel: 9789898927149

E-book: 9789898927156

Família: Electrotecnia

Subfamília: Produção, Transporte e Distribuição de Energia Eléctrica

ÍNDICE TABELAS	X
ÍNDICE FIGURAS	XII
<b>PARTE I – CONCEITOS GERAIS</b>	<b>1</b>
1. CONSIDERAÇÕES GERAIS SOBRE AS REDES DE DISTRIBUIÇÃO	2
2. NORMAS E REGULAMENTOS	3
2.1 REGULAMENTOS	3
2.2 NORMAS	5
3. TENSÕES NORMALIZADAS	6
4. DIMENSIONAMENTO DAS REDES	7
5. CORRENTES DE CURTO-CIRCUITO	8
5.1 TIPOS DE DEFEITOS	8
5.2 CORRENTES DE CURTO-CIRCUITO	9
<b>PARTE II – REDES DE DISTRIBUIÇÃO EM MÉDIA TENSÃO</b>	<b>11</b>
6. TIPOS E CONFIGURAÇÕES DAS REDES DE DISTRIBUIÇÃO EM MÉDIATENSÃO	12
7. REGIME DE NEUTRO DAS REDES MT	14
8. REDES AÉREAS	20
8.1 CONSIDERAÇÕES GERAIS	20
8.2 TIPOS DE APOIOS E CONFIGURAÇÃO DAS LINHA AÉREAS	20
8.3 POSTES	24
8.3.1 Características dos Postes	24
8.3.2 Maciços de Fundação dos Postes de Betão	26
8.4 ARMAÇÃO DOS POSTES DE BETÃO	27
8.5 ISOLADORES	29
8.6 CONDUTORES	31
8.7 APARELHAGEM DE SECCIONAMENTO E CORTE	32
8.8 BALIZAGEM DIURNA DOS POSTES	33
8.9 LIGAÇÕES À TERRA	34
8.10 PLATAFORMAS DE MANOBRA OU DE EQUIPOTENCIALIDADE	36
8.11 CRITÉRIOS DE PROJECTO	36
8.11.1 Projecto Eléctrico	36
8.11.2 Projecto Mecânico	38

8.12	PROTECÇÃO DA AVIFAUNA	39
8.13	DISPOSITIVOS ANTI-NIDIFICAÇÃO	40
8.14	RELIGAÇÃO	40
<b>9.</b>	<b>REDES SUBTERRÂNEAS</b>	<b>41</b>
9.1	TIPOS DE CABOS E CARACTERÍSTICAS	41
9.2	CÁLCULO DA SECÇÃO DO CABO	43
9.3	TENSÕES ESTIPULADAS	43
9.4	CAIXAS TERMINAIS E DE UNIÃO DE CABOS	45
9.4.1	Generalidades	45
9.4.2	Caixas Terminais de Cabos	45
9.4.3	Caixas de União de Cabos	46
9.4.4	Preparação do Cabo e Requisitos Gerais de Execução das Caixas	46
9.4.5	Controlo dos Esforços Eléctricos	47
<b>10.</b>	<b>DEFEITOS NAS REDES E SISTEMAS DE PROTECÇÃO</b>	<b>48</b>
10.1	LINHAS AÉREAS	48
10.2	CABOS SUBTERRÂNEOS	49
<b>11.</b>	<b>TRANSIÇÃO REDE AÉREA/REDE SUBTERRÂNEA</b>	<b>52</b>
<b>12.</b>	<b>PRINCÍPIOS CONSTRUTIVOS DAS REDES MT</b>	<b>53</b>
12.1	REDE AÉREA	53
12.2	REDE SUBTERRÂNEA	56
	<b>PARTE III – POSTOS DE TRANSFORMAÇÃO E SECCIONAMENTO</b>	<b>63</b>
<b>13.</b>	<b>TIPOS DE POSTOS DE TRANSFORMAÇÃO E SECCIONAMENTO</b>	<b>64</b>
13.1	GENERALIDADES	64
13.2	PTS DE SERVIÇO PÚBLICO, CLIENTE E PRIVADOS	65
13.3	PTS AÉREOS	67
13.4	PTS EM CABINA ALTA	68
13.5	PTS EM CABINA BAIXA	69
13.6	PTS PRÉ-FABRICADOS	69
<b>14.</b>	<b>EQUIPAMENTOS DOS PTS</b>	<b>72</b>
14.1	QUADRO DE MÉDIA TENSÃO (QMT)	72
14.1.1	Características Gerais	72
14.1.2	Tipos Construtivos	73

14.2	<i>SECCIONADORES, INTERRUPTORES E FUSÍVEIS</i>	75
14.3	<i>DISJUNTORES</i>	76
14.4	<i>TRANSFORMADORES DE MEDIDA</i>	77
14.5	<i>TRANSFORMADORES DE POTÊNCIA</i>	78
14.5.1	Tipos construtivos	78
14.5.2	Características	79
14.6	<i>QUADRO GERAL DE BAIXA TENSÃO</i>	85
15.	<b>ESQUEMAS E PLANTAS TIPO DE PTS</b>	87
16.	<b>ENCRAVAMENTOS</b>	92
17.	<b>PRINCÍPIOS CONSTRUTIVOS DOS EDIFÍCIOS</b>	92
18.	<b>TERRAS DE SERVIÇO E PROTECÇÃO</b>	95
19.	<b>INSTALAÇÕES DOS EDIFÍCIOS E ACESSÓRIOS REGULAMENTARES</b>	96
<b>PARTE IV – REDES DE DISTRIBUIÇÃO EM BAIXA TENSÃO E ILUMINAÇÃO PÚBLICA</b>		97
20.	<b>TIPOS E CONFIGURAÇÕES DAS REDES DE DISTRIBUIÇÃO EM BAIXA TENSÃO</b>	98
21.	<b>REDES AÉREAS</b>	98
21.1	<i>CONSIDERAÇÕES GERAIS</i>	98
21.2	<i>CABOS E ACESSÓRIOS</i>	99
21.2.1	Cabos	99
21.2.2	Acessórios	100
21.3	<i>APOIOS</i>	101
21.4	<i>CABOS EM FACHADAS</i>	102
21.5	<i>LIGAÇÃO DO NEUTRO À TERRA</i>	103
22.	<b>REDES SUBTERRÂNEAS</b>	104
22.1	<i>CONSIDERAÇÕES GERAIS</i>	104
22.2	<i>TIPOS DE CABOS E INSTALAÇÃO</i>	104
22.3	<i>ARMÁRIOS DE DISTRIBUIÇÃO</i>	104
23.	<b>LIGAÇÃO DA RBT AOS CONSUMIDORES</b>	106

<b>24.</b>	<b>REGIMES DE NEUTRO DAS REDES BT</b>	<b>108</b>
<b>25.</b>	<b>REDES DE IP 134</b>	<b>110</b>
25.1	<i>PRINCÍPIOS DE LUMINOTECNIA</i>	110
25.2	<i>COLUNAS E APARELHOS DE ILUMINAÇÃO</i>	112
25.3	<i>REDE DE DISTRIBUIÇÃO</i>	114
<b>PARTE V – PRINCÍPIOS BÁSICOS DE SEGURANÇA</b>		<b>115</b>
<b>26.</b>	<b>OS EFEITOS DA CORRENTE ELÉCTRICA NO CORPO HUMANO</b>	<b>116</b>
<b>27.</b>	<b>PRINCÍPIOS DE SEGURANÇA</b>	<b>118</b>
27.1	<i>SEGURANÇA CONTRA O CHOQUE ELÉCTRICO</i>	118
27.2	<i>SEGURANÇA EM OBRA</i>	119
<b>28.</b>	<b>RISCOS DAS OPERAÇÕES DE MONTAGEM E MEDIDAS PREVENTIVAS</b>	<b>121</b>
28.1	<i>CONSIDERAÇÕES GERAIS</i>	121
28.2	<i>OCUPAÇÃO DE VIA PÚBLICA</i>	122
28.2.1	Riscos	122
28.2.2	Medidas preventivas	122
28.3	<i>MOVIMENTAÇÃO MECÂNICA DE CARGAS</i>	123
28.3.1	Riscos	123
28.3.2	Medidas preventivas	123
28.4	<i>ABERTURA DE VALAS OU TRINCHEIRAS</i>	124
28.4.1	Riscos	124
28.4.2	Medidas preventivas	124
28.5	<i>MOVIMENTAÇÃO DE TERRAS</i>	125
28.5.1	Riscos	125
28.5.2	Medidas preventivas	125
28.6	<i>UTILIZAÇÃO DE GRUAS MÓVEIS</i>	126
28.6.1	Riscos	126
28.6.2	Medidas de prevenção	126
28.7	<i>MONTAGEM DE POSTES</i>	127
28.7.1	Riscos	127
28.7.2	Medidas preventivas	127
28.8	<i>OPERAÇÃO DE DESENROLAMENTO DE CONDUTORES</i>	128
28.8.1	Riscos	128
28.8.2	Medidas de prevenção	128

<b>ANEXOS</b>	<b>129</b>
<b>ANEXO 1 – RELAÇÃO DE NORMAS RELEVANTES</b>	<b>131</b>
A.1.1 NORMAS EN, NP, NP HD(1) E NP EN	132
A.1.2 NORMAS IEC 157	133
A.1.3 OUTRAS NORMAS	134
<b>ANEXO 2 – FORMULÁRIO E CARACTERÍSTICAS PARA CÁLCULO DOS ESFORÇOS DE CURTO-CIRCUITO</b>	<b>135</b>
A.2.1 ESFORÇO TÉRMICO DE CURTO-CIRCUITO	136
A.2.2 ESFOÇOS ELECTRODINÂMICOS DE CURTO-CIRCUITO	137
A.2.3 FREQUÊNCIA DE RESSONÂNCIA	137
A.2.4 LEGENDA DOS PONTOS 1 A 3	138
A.2.5 CÁLCULO DAS IMPEDÂNCIAS EQUIVALENTES	139
A.2.6 CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS E MECÂNICAS DAS BARRAS DE COBRE	145
A.2.7 CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS E MECÂNICAS DE VARÃO DE COBRE	146
A.2.8 CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS E MECÂNICAS CABOS ISOLADOS	147
A.2.9 CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS E MECÂNICAS CABOS NUS	149
<b>ANEXO 3 – ELÉCTRODOS DE TERRA</b>	<b>151</b>
A.3.1 TENSÕES DE PASSO E DE CONTACTO	152
A.3.2 TIPOS E MONTAGEM DE ELÉCTRODOS DE TERRA	153
A.3.3 RESISTÊNCIA DE TERRA	156
A.3.4 RESISTIVIDADE DO SOLO	158
<b>ANEXO 4 – ÍNDICES DE PROTECÇÃO DOS EQUIPAMENTOS</b>	<b>159</b>
A4.1 INTRODUÇÃO	160
A4.2 ÍNDICE DE PROTECÇÃO DOS EQUIPAMENTOS CONTRA A PENETRAÇÃO DE CORPOS SÓLIDOS E DE ÁGUA	160
A4.3 ÍNDICE DE PROTECÇÃO DOS EQUIPAMENTOS CONTRA OS IMPACTOS MECÂNICOS	161
<b>ANEXO 5 – SISTEMA DE UNIDADES</b>	<b>163</b>
<b>BIBLIOGRAFIA</b>	<b>167</b>

**ÍNDICE DE TABELAS****PARTE I**

<b>Tabela 1</b>	Tensões normalizadas	<b>6</b>
-----------------	----------------------	----------

**PARTE II**

<b>Tabela 2</b>	Correntes e impedâncias homopolares, em função da tensão nominal da rede	<b>18</b>
<b>Tabela 3</b>	Correntes e resistências mínimas, a 20 °C, em função da tensão nominal da rede	<b>19</b>
<b>Tabela 4</b>	Regimes de neutro habituais dos PT da EDP Distribuição	<b>19</b>
<b>Tabela 5</b>	Dimensões principais dos postes normalizados	<b>24</b>
<b>Tabela 6</b>	Profundidade de encastramento	<b>25</b>
<b>Tabela 7</b>	Coefficiente de compressibilidade a 2 m de profundidade consoante o tipo de terreno	<b>27</b>
<b>Tabela 8</b>	Armações normalizadas	<b>28</b>
<b>Tabela 9</b>	Valores de salinidade e linhas de fuga específicas	<b>30</b>
<b>Tabela 10</b>	Secções normalizadas dos cabos MT	<b>42</b>
<b>Tabela 11</b>	Características da rede subterrânea da EDP Distribuição	<b>42</b>
<b>Tabela 12</b>	Valores de K	<b>43</b>
<b>Tabela 13</b>	Tensões estipuladas dos cabos MT	<b>44</b>

**PARTE III**

<b>Tabela 14</b>	Classificação de PTS	<b>65</b>
<b>Tabela 15</b>	Características gerais dos QMT da EDP Distribuição	<b>74</b>
<b>Tabela 16</b>	Índices de protecção dos QMT da EDP Distribuição	<b>74</b>
<b>Tabela 17</b>	Intensidade nominal dos fusíveis MT para protecção de transformadores	<b>76</b>
<b>Tabela 18</b>	Características técnicas de seccionadores e interruptores dos QMT da EDP Distribuição	<b>76</b>
<b>Tabela 19</b>	Características técnicas de disjuntores dos QMT da EDP Distribuição	<b>77</b>
<b>Tabela 20</b>	Características de TTs e TIs	<b>77</b>
<b>Tabela 21</b>	Principais grupos de ligações	<b>80</b>
<b>Tabela 22</b>	Refrigeração e símbolos dos refrigerantes	<b>84</b>

**PARTE IV**

<b>Tabela 23</b>	Características das portinholas e dos ramais	<b>107</b>
<b>Tabela 24</b>	Valores de L, E e U para iluminação pública	<b>110</b>

**PARTE V**

<b>Tabela 25</b>	Distâncias de isolamento de segurança	<b>118</b>
------------------	---------------------------------------	------------

**ANEXOS**

<b>Tabela A2.1</b>	Valores empíricos da tensão de curto-circuito de transformadores e reactâncias	<b>144</b>
<b>Tabela A2.2</b>	Valores empíricos da queda de tensão interna ôhmica de transformadores e reactâncias	<b>144</b>
<b>Tabela A2.3</b>	Valores empíricos de impedâncias homopolares	<b>144</b>
<b>Tabela A2.4</b>	Características de barras de cobre	<b>145</b>
<b>Tabela A2.5</b>	Tensão mecânica admissível das barras de cobre	<b>146</b>
<b>Tabela A2.6</b>	Características de varão de cobre	<b>146</b>
<b>Tabela A2.7</b>	Cabos MT do tipo LXHIOV enterrados	<b>147</b>
<b>Tabela A2.8</b>	Cabos BT do tipo LVAV e LSVAV enterrados	<b>148</b>
<b>Tabela A2.9</b>	Cabos BT do tipo LXV	<b>148</b>
<b>Tabela A2.10</b>	Cabos do tipo ASCR (AL1/ST1A)	<b>149</b>
<b>Tabela A2.11</b>	Cabos do tipo AL4	<b>150</b>
<b>Tabela A3.1</b>	Valores típicos da resistividade do terreno	<b>158</b>
<b>Tabela A4.1</b>	Índice de protecção IP	<b>160</b>
<b>Tabela A4.2</b>	Índice de protecção IK	<b>161</b>
<b>Tabela A5.1</b>	Principais grandezas	<b>164</b>
<b>Tabela A5.2</b>	Múltiplos e submúltiplos	<b>165</b>

**ÍNDICE DE FIGURAS****PARTE I**

<b>Figura 1</b>	Esquema simplificado do Sistema Eléctrico Nacional (Portugal)	<b>2</b>
<b>Figura 2</b>	Diagramas de curto-circuito	<b>9</b>

**PARTE II**

<b>Figura 3</b>	Distribuição radial	<b>13</b>
<b>Figura 4</b>	Distribuição em anel aberto	<b>13</b>
<b>Figura 5</b>	Distribuição mista	<b>13</b>
<b>Figura 6</b>	Ligação do neutro à terra através de uma Bobina de Peterson e esquema da bobina	<b>15</b>
<b>Figura 7</b>	Diagrama de tensões e correntes durante o defeito fase-terra	<b>16</b>
<b>Figura 8</b>	Ligação do neutro à terra através de impedância com transformador zig-zag	<b>17</b>
<b>Figura 9</b>	Ligação do neutro à terra através de uma resistência	<b>18</b>
<b>Figura 10</b>	Apoio de alinhamento	<b>20</b>
<b>Figura 11</b>	Apoio de ângulo	<b>20</b>
<b>Figura 12</b>	Apoio de reforço em alinhamento	<b>21</b>
<b>Figura 13</b>	Apoio de reforço em alinhamento	<b>21</b>
<b>Figura 14</b>	Apoio de fim de linha	<b>21</b>
<b>Figura 15</b>	Linha MT em esteira horizontal	<b>22</b>

<b>Figura 16</b>	Linha MT em triângulo	22
<b>Figura 17</b>	Linha MT em galhardete	22
<b>Figura 18</b>	Linha MT em esteira vertical	22
<b>Figura 19</b>	Linha MT em pórtico	22
<b>Figura 20</b>	Linha MT em abóbada	23
<b>Figura 21</b>	Marcação regulamentar de um apoio	26
<b>Figura 22</b>	Isolador acoplável	29
<b>Figura 23</b>	Isolador não acoplável, de apoio ou rígido	29
<b>Figura 24</b>	Cadeia de suspensão simples sem hastes	30
<b>Figura 25</b>	Cadeia de amarração simples sem hastes	30
<b>Figura 26</b>	Cabo ACSR	31
<b>Figura 27</b>	Cabo AL4	31
<b>Figura 28</b>	Seccionador de linha horizontal com cadeias de amarração e alongadores	32
<b>Figura 29</b>	Esferas de sinalização	34
<b>Figura 30</b>	Determinação do factor	37
<b>Figura 31</b>	Esquema ilustrativo de uma linha aérea	39
<b>Figura 32</b>	Dispositivo espanta-pássaros	40
<b>Figura 33</b>	Dispositivo anti-nidificação	40
<b>Figura 34</b>	Cabos MT	41
<b>Figura 35</b>	Caixa terminais de cabo monopolar MT	45
<b>Figura 36</b>	Caixa de união de cabo MT	45
<b>Figura 37</b>	Transição rede área/rede subterrânea	52
<b>Figura 38</b>	Piquetagem de um apoio de alinhamento	53
<b>Figura 39</b>	Abertura de covas para maciços de fundação	54
<b>Figura 40</b>	Arvoreamento e espionamento de um poste de betão	54
<b>Figura 41</b>	Alguns acessórios de ligação utilizados em Linhas Aéreas de MT	56
<b>Figura 42</b>	Instalação de cabos unipolares em esteira (esquerda) e em triângulo ou trevo juntivo (direita)	57
<b>Figura 43</b>	Perfil de vala para cabos MT	57
<b>Figura 44</b>	Entivação de vala com guardas longitudinais	58
<b>Figura 45</b>	Perfil tipo de travessias para um circuito MT	60
<b>Figura 46</b>	Perfil tipo de travessias para dois circuitos MT e um tubo de reserva	61
<b>Figura 47</b>	Perfil tipo de travessias para tubos amaciçados	62
<b>PARTE III</b>		
<b>Figura 48</b>	PT tipo A	67
<b>Figura 49</b>	PT tipo AS	67
<b>Figura 50</b>	PT tipo AI-1	67
<b>Figura 51</b>	PT tipo cabina alta	68
<b>Figura 52</b>	Exemplo de implantação de equipamento num PT tipo cabina alta	68
<b>Figura 53</b>	PT tipo cabina baixa em edifício de alvenaria	69
<b>Figura 54</b>	CPF de manobra interior	71

<b>Figura 55</b>	CPF de manobra exterior	71
<b>Figura 56</b>	Esquema de um QMT	72
<b>Figura 57</b>	QMT do tipo Metal-Enclosed	73
<b>Figura 58</b>	QMT do tipo Metal Clad	74
<b>Figura 59</b>	RMU	75
<b>Figura 60</b>	Interruptor associado a fusíveis	75
<b>Figura 61</b>	Transformador com conservador	78
<b>Figura 62</b>	Transformador hermético	78
<b>Figura 63</b>	Transformador seco	78
<b>Figura 64</b>	QGBT aberto do tipo CA1	86
<b>Figura 65</b>	Quadro encapsulado de montagem no solo	86
<b>Figura 66</b>	Esquema unifilar de um PT tipo AI-1	87
<b>Figura 67</b>	Planta e cortes de um PTS de cabina baixa do tipo CBL	88
<b>Figura 68</b>	Esquema unifilar de um PTS de cabina baixa do tipo CBL	88
<b>Figura 69</b>	Planta e cortes de um PTS de cabina baixa com QMT	89
<b>Figura 70</b>	Esquema unifilar de um PTS de cabina baixa com QMT	90
<b>Figura 71</b>	Esquema unifilar de um PTS Cliente com contagem em média tensão	90
<b>Figura 72</b>	Esquema unifilar de um PT Cliente sem contagem em média tensão	91
<b>Figura 73</b>	Planta de um PTS Cliente	91
<b>Figura 74</b>	Ventilação natural da sala do transformador	93
<b>Figura 75</b>	Ventilação forçada da sala do transformador	93

**PARTE IV**

<b>Figura 76</b>	Cabo em torçada	100
<b>Figura 77</b>	Acessórios para cabo em torçada	101
<b>Figura 78</b>	Cabo LSVAV (esquerda) e LVAV (direita)	104
<b>Figura 79</b>	Armário tipo X	105
<b>Figura 80</b>	Regime TT	108
<b>Figura 81</b>	Regime TN-C	109
<b>Figura 82</b>	Regime IT	109
<b>Figura 83</b>	Distribuição unilateral	111
<b>Figura 84</b>	Distribuição quinquêncio	111
<b>Figura 85</b>	Distribuição bilateral oposição	111
<b>Figura 86</b>	Distribuição axial	111
<b>Figura 87</b>	Aparelho de iluminação pública em zona rural	112
<b>Figura 88</b>	Coluna de IP com braço duplo	113
<b>Figura 89</b>	Coluna de IP com coroa móvel	113
<b>Figura 90</b>	Coluna de IP com painel fotovoltaico	113

## PARTE V

<b>Figura 91</b>	Percurso da corrente eléctrica através do corpo humano	116
<b>Figura 92</b>	EPIs	120
<b>Figura 93</b>	Painel de sinalização	120
<b>Figura 94</b>	Andaime	120

## ANEXOS

<b>Figura A2.1</b>	Factor “m”	136
<b>Figura A2.2</b>	Factor “n”	136
<b>Figura A2.3</b>	Componentes simétricas	139
<b>Figura A2.4</b>	Diagrama em $\pi$ de uma linha aérea	141
<b>Figura A2.5</b>	Factores de correcção da temperatura para barras de cobre	145
<b>Figura A3.1</b>	Tensões de contacto e de passo	152
<b>Figura A3.2</b>	Eléctrodo em serpentina simples	153
<b>Figura A3.3</b>	Eléctrodo em serpentina dupla	154
<b>Figura A3.4</b>	Eléctrodo em serpentina dupla longa	154
<b>Figura A3.5</b>	Eléctrodo em estrela	154
<b>Figura A3.6</b>	Eléctrodo com varetas em paralelo – 3 varetas	154
<b>Figura A3.7</b>	Eléctrodo com varetas em paralelo – 5 varetas	155
<b>Figura A3.8</b>	Malha de cabo de cobre, complementada com varetas de aço cobreado	155

**PARTE 1**

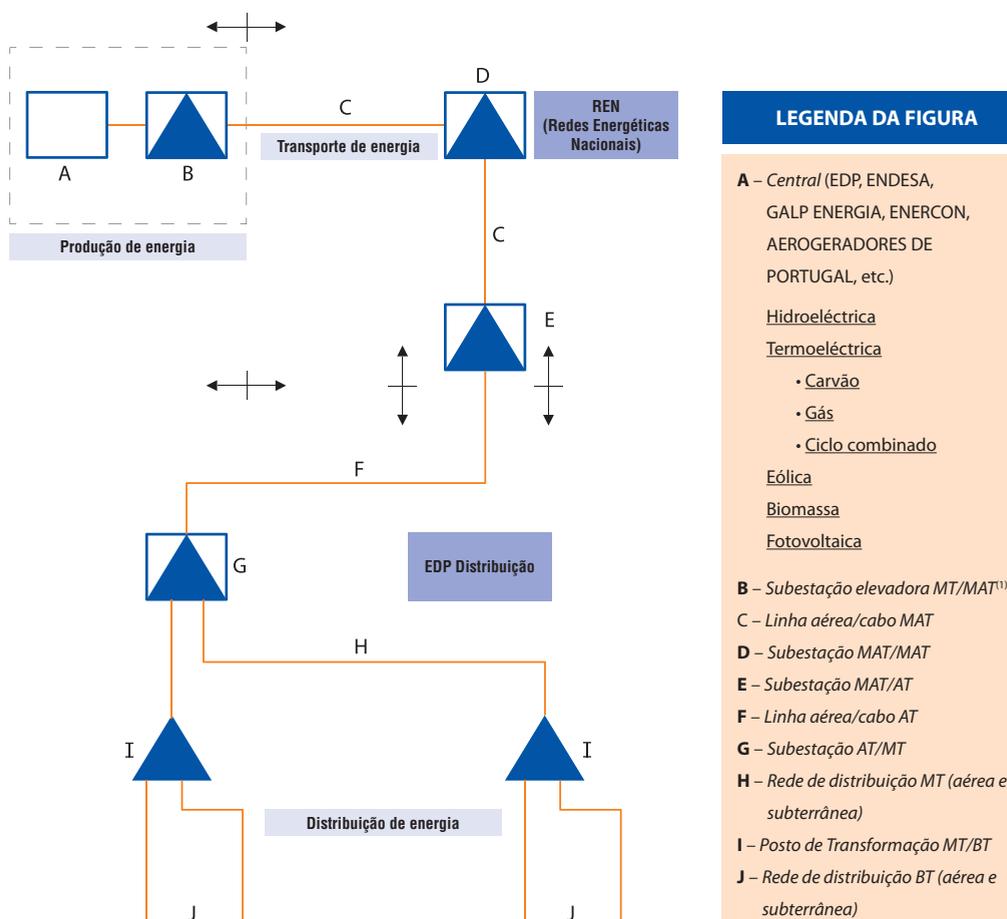
**CONCEITOS**

**GERAIS**

# 1. CONSIDERAÇÕES GERAIS SOBRE AS REDES DE DISTRIBUIÇÃO

As redes de distribuição de energia eléctrica, que constituem um elemento fundamental do sistema energético de um país, fazem parte do designado Sistema Eléctrico Nacional, que é constituído pelas centrais de produção de energia eléctrica, redes de transporte e distribuição, aéreas e subterrâneas e instalações de transformação (subestações e postos de transformação).

Na Figura 1 representa-se de forma simplificada esta estrutura, indicando os níveis de tensão e as entidades concessionárias.



**Figura 1** – Esquema simplificado do Sistema Eléctrico Nacional (Portugal)

(1) Para definição dos níveis de tensão ver Ponto 3 – Tabela 1

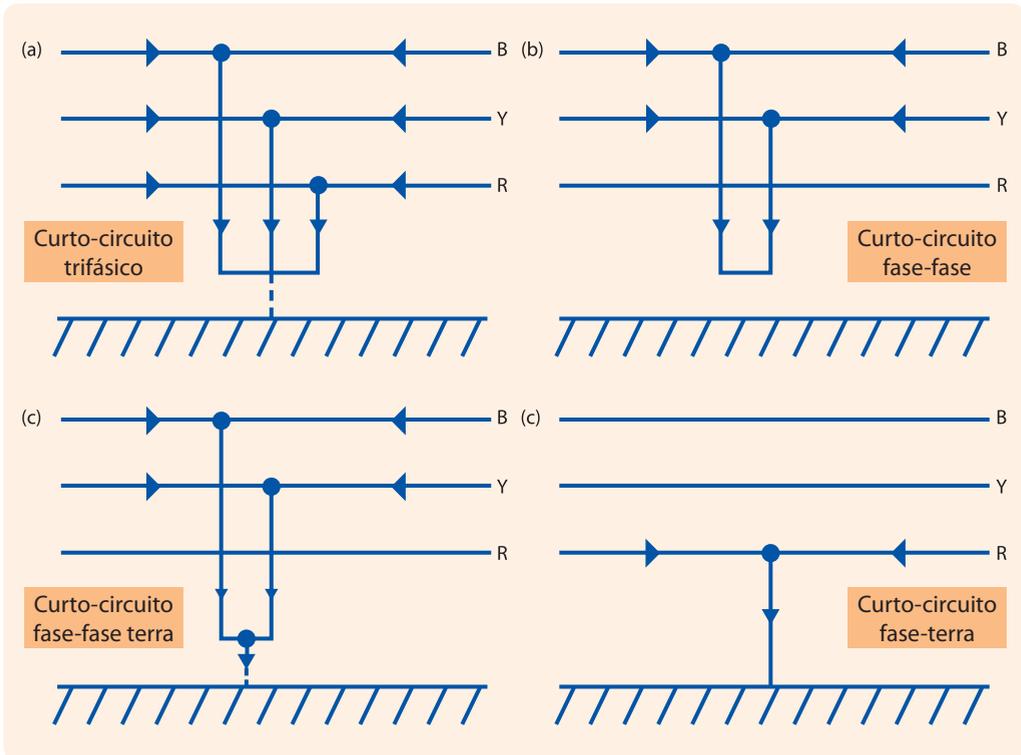


Figura 2 – Diagramas de curto-circuito

Os curto-circuitos **Fase-Fase** e **Fase-Fase-Terra** podem evoluir para um **curto-circuito trifásico**, devido à ruptura dielétrica causada pelo elevado valor das correntes de defeito.

#### *Defeitos simétricos e assimétricos*

Quando o curto-circuito envolve igualmente as **três fases**, o defeito é classificado como “*simétrico*”. Contudo, a maior parte dos defeitos afecta apenas duas fases, sendo mais frequentes os curto-circuitos **Fase-Terra**, **Fase-Fase** e **Fase-Fase-Terra**, designando-se este tipo de defeitos por “*assimétrico*” (no caso das linha aéreas apenas cerca de 5% dos defeitos são simétricos). Acontece que em alguns defeitos se dá uma ruptura de um condutor, com ou sem contacto com a terra, dando origem a um “circuito aberto”, situação que dificulta a detecção do defeito (não há circulação de corrente) e que pode causar desequilíbrio de cargas na rede e sobreaquecimento dos geradores.

## 5.2 CORRENTES DE CURTO-CIRCUITO

Os curto-circuitos causam nos equipamentos esforços térmicos e electrodinâmicos; os esforços térmicos resultam do sobreaquecimento dos cabos e condutores (*por efeito de Joule*), podendo dar origem a ruptura do isolamento e à fusão dos materiais condutores; os esforços electrodinâmicos são o resultado da força electromagnética, que é proporcional ao valor da corrente.

A configuração mista representa um compromisso entre o custo de construção e de exploração da rede e a garantia de continuidade de serviço, utilizando-se preferencialmente em zonas semi-urbanas, ou em zonas rurais onde existem consumidores mais sensíveis à interrupção do fornecimento de energia (exemplo: indústrias agro-alimentícias).

As Figuras 3 a 5 ilustram aquelas configurações.

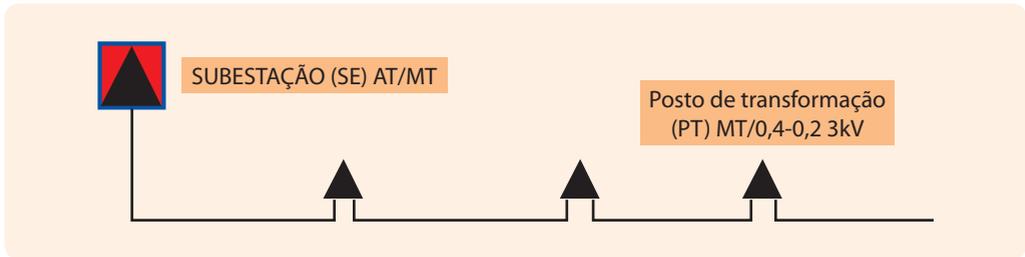


Figura 3 – Distribuição radial

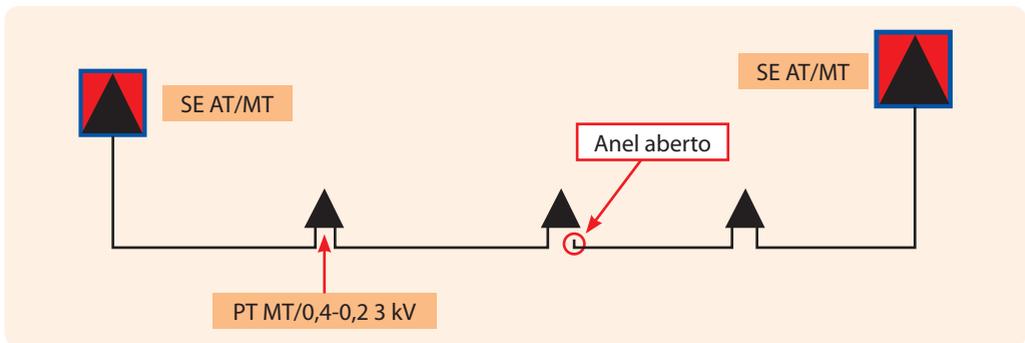


Figura 4 – Distribuição em anel aberto

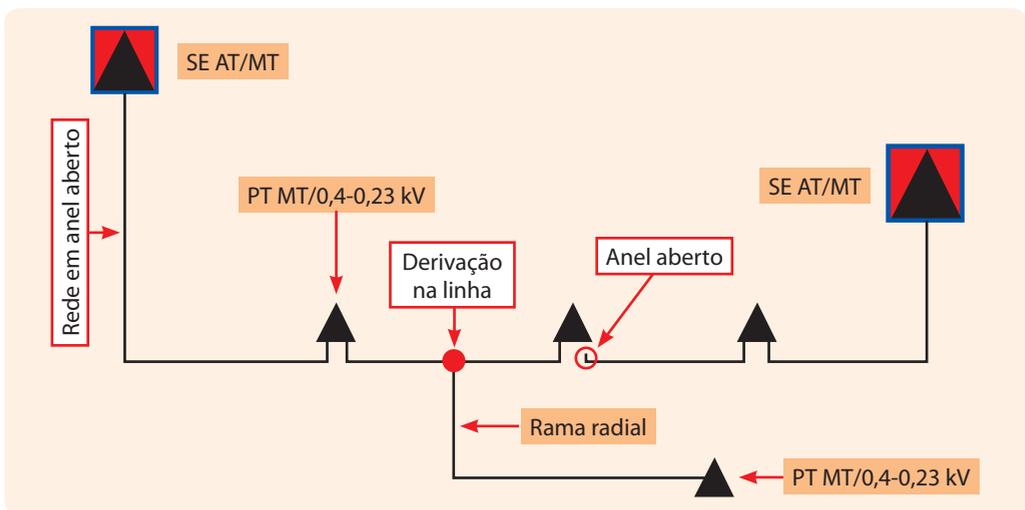


Figura 5 – Distribuição mista

Nas *redes de distribuição e de utilização* (caso de empresas industriais) habitualmente o *objectivo* é **reduzir** o valor da corrente de curto-circuito **fase-terra**, utilizando-se o **neutro ligado à terra através de uma impedância ou de uma resistência**.

Os métodos habituais de *ligação do neutro à terra* nestas redes são:

- Bobina de Petersen
- Reactância de neutro
- Resistência de neutro

### Bobina de Petersen

A **Bobina de Petersen**, utilizada em redes de neutro isolado, é uma bobina com *núcleo em ferro* e de **reactância variável**, para **limitar** a *corrente de defeito fase-terra*, adaptando o valor da sua **indutância**, através de *tomadas* no respectivo enrolamento, à **variação das capacidades** da linha, cuja **alteração** depende da **configuração da rede**.

Nesta *obra* a designação "**linha**", sem qualquer outra indicação adicional, tanto se refere a **linhas aéreas** como a **linhas subterrâneas** (*cabos isolados*).

Este sistema de *ligação do neutro à terra* habitualmente designado por **neutro ressonante**, ilustrando-se na Figura 6 o esquema de ligações da *bobina* e os seus componentes principais.

**A Bobina de Petersen utiliza-se habitualmente em redes de cabos subterrâneos muito longas, quando se exige que não haja disparo ao primeiro defeito.**

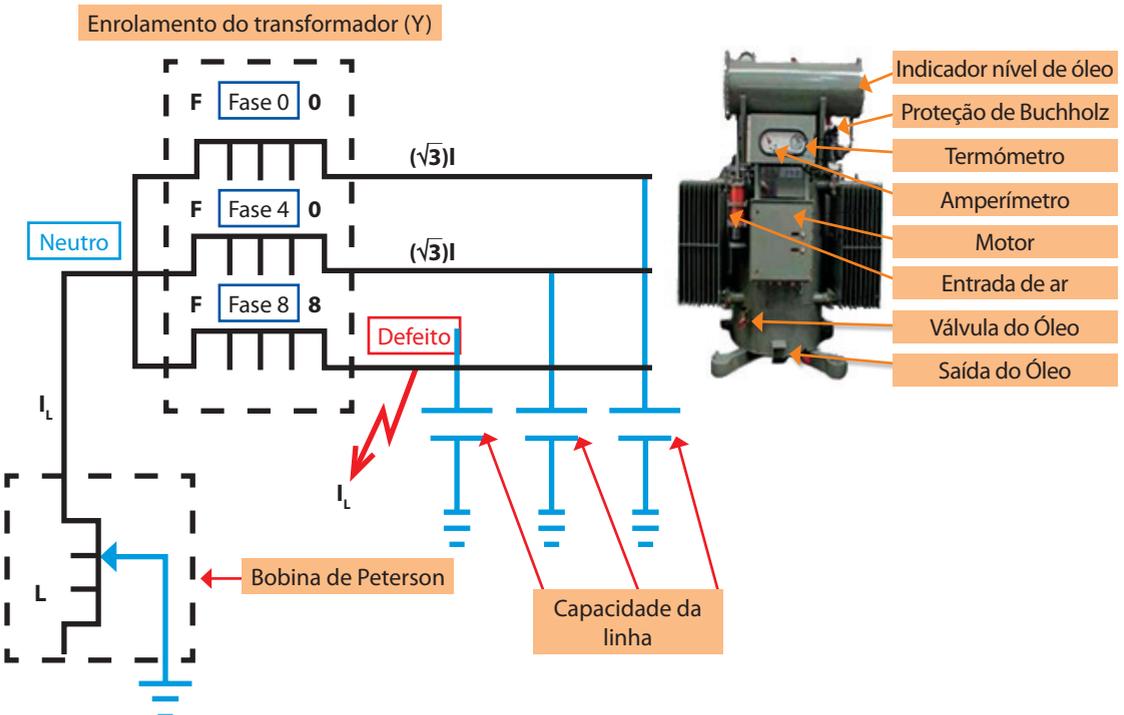


Figura 6 – Ligação do neutro à terra através de uma Bobina de Peterson e esquema da bobina

Em *Portugal*, os valores normalizados pela *EDP Distribuição* para o valor da impedância homopolar são **1000 A** (*redes subterrâneas*) e **300 A** (*redes mistas – aérea/subterrânea*), indicando-se na Tabela 2 os valores das **correntes** ( $3I_0$ ) e **impedâncias homopolares** ( $Z_0$ ), em função da *tensão nominal da rede*.

**Tabela 2** – Correntes e impedâncias homopolares, em função da tensão nominal da rede

TENSÃO NOMINAL DA REDE $U_n$ (KV)	10		15		30	
$3I_0$ (A)	300	1000	300	1000	300	1000
$Z_0$ ( $\Omega$ )	58	17,5	87	26	174	52

As vantagens deste sistema são as seguintes:

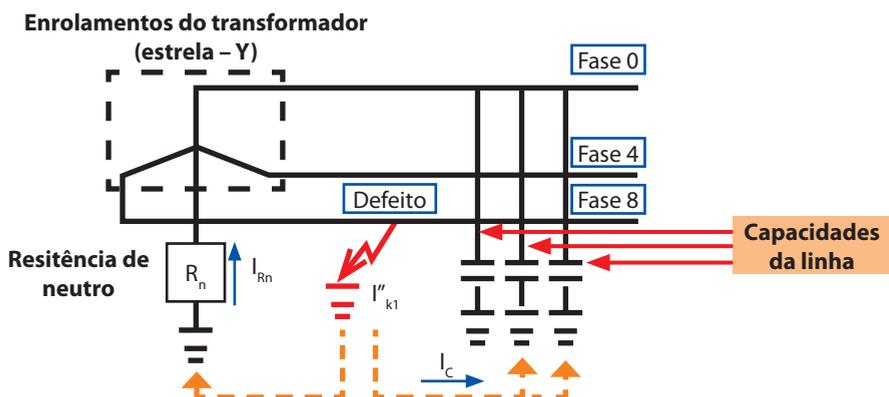
- Limita o valor das correntes de defeito.
- Proteções fáceis de implementar se a limitação da corrente for superior à corrente capacitiva no sistema.
- A impedância possui baixa resistência e não dissipa grande quantidade de energia térmica, assim sendo o tamanho pode ser reduzido.

Por outro lado as **desvantagens** são:

- A continuidade de serviço é degradada, o defeito tem de ser eliminado o mais rápido possível assim que ocorre.
- Quando os defeitos são eliminados, podem ocorrer sobretensões elevadas devido à ressonância que pode ocorrer entre as capacidades e a reatância da rede de distribuição.

## Resistência de neutro

A **resistência de neutro** está ligada ao *ponto de neutro (acessível)* dos enrolamentos MT dos transformadores, como se representa na Figura 9.



**Figura 9** – Ligação do neutro à terra através de uma resistência

## 8. REDES AÉREAS

### 8.1 CONSIDERAÇÕES GERAIS

As redes aéreas de MT são constituídas pelos seguintes equipamentos e sistemas:

- Postes
- Armação
- Isoladores
- Condutores
- Aparelhagem de seccionamento e corte
- Ligações à terra

Os condutores são suportados por armações devidamente isoladas daqueles e montados sobre postes de betão (situação mais habitual e que será a analisada nesta obra) ou de aço reticulado, cuja função principal é manter os condutores separados e a uma altura conveniente do solo. Os postes apoiam-se no terreno por meio de maciços de fundação.

O conjunto constituído pelo poste, maciço e armação denomina-se **apoio**.

### 8.2 TIPOS DE APOIOS E CONFIGURAÇÃO DAS LINHA AÉREAS

Os apoios, devido à posição que ocupam ao longo do traçado de uma rede, classificam-se da seguinte forma:

- *Apoios de alinhamento*: servem somente para suportar os condutores e empregam-se em traçados rectos. Embora estejam sujeitos a esforços verticais, o seu dimensionamento é desnecessário para postes de betão. Deverão ser considerados os esforços transversais devido ao vento.
- *Apoios de ângulo*: empregam-se para suportar os condutores nos vértices de ângulos que formam dois alinhamentos diferentes. Devem ser dimensionados para suportar esforços transversais devidos ao vento e os esforços transversais devido a tracção dos condutores.

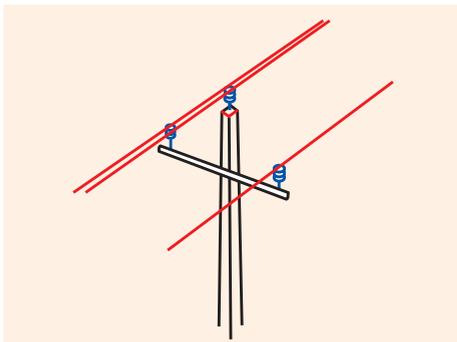


Figura 10 – Apoio de alinhamento

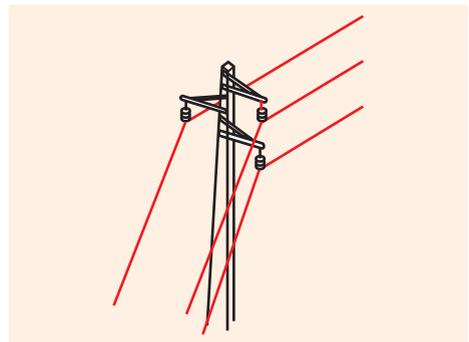


Figura 11 – Apoio de ângulo

Os apoios de início e fim de linha são habitualmente em pórtico.

A configuração em galhardete permite garantir uma maior distância entre fases, o que é significativo quando os vãos são longos, aumentando a probabilidade de essa distância diminuir, particularmente a meio vão, por acção dos agentes atmosféricos, designadamente o vento.

A configuração em triângulo é utilizada em vãos curtos, apresentando a vantagem de terem uma maior elevação do apoio e respectiva armação<sup>(6)</sup>, permitindo maiores distâncias dos condutores ao solo e a utilização de apoios mais baixos.

A configuração em esteira vertical é a menos utilizada, apresentando as seguintes vantagens:

- Maior facilidade em instalar dois circuitos diferentes no mesmo apoio.
- Melhor afastamento entre fases, quando o ângulo entre dois vãos adjacentes ao apoio é muito acentuado.

Em linhas mais antigas e que ainda não foram objecto de remodelação, utiliza-se também a configuração em *abóbada* (mais conhecida pela designação francesa *nappe voûte*), que já não é uma configuração normalizada pela *EDP Distribuição*, e que se representa na Figura 20.

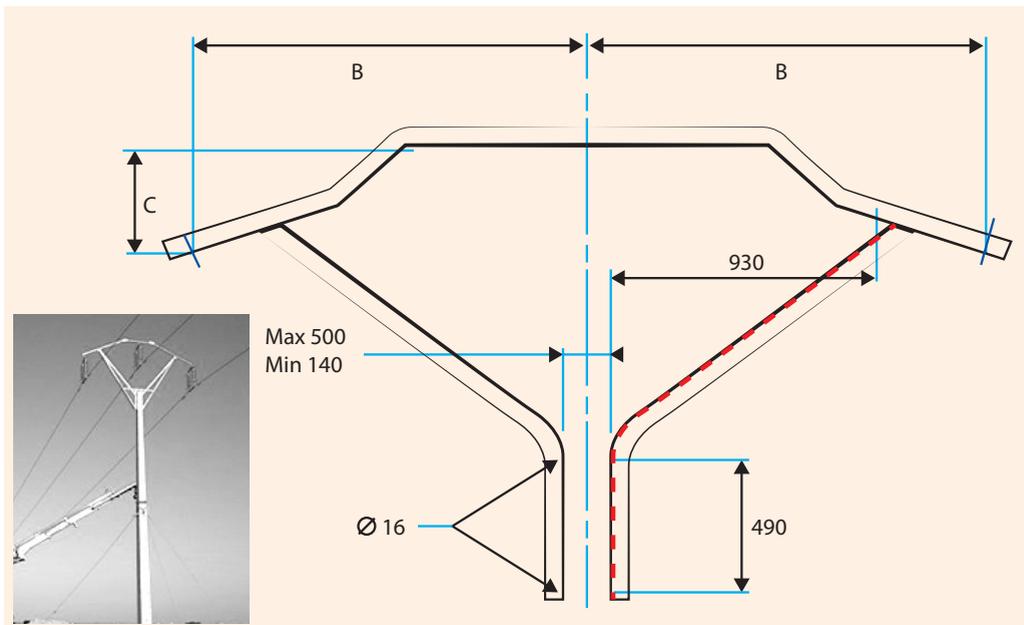
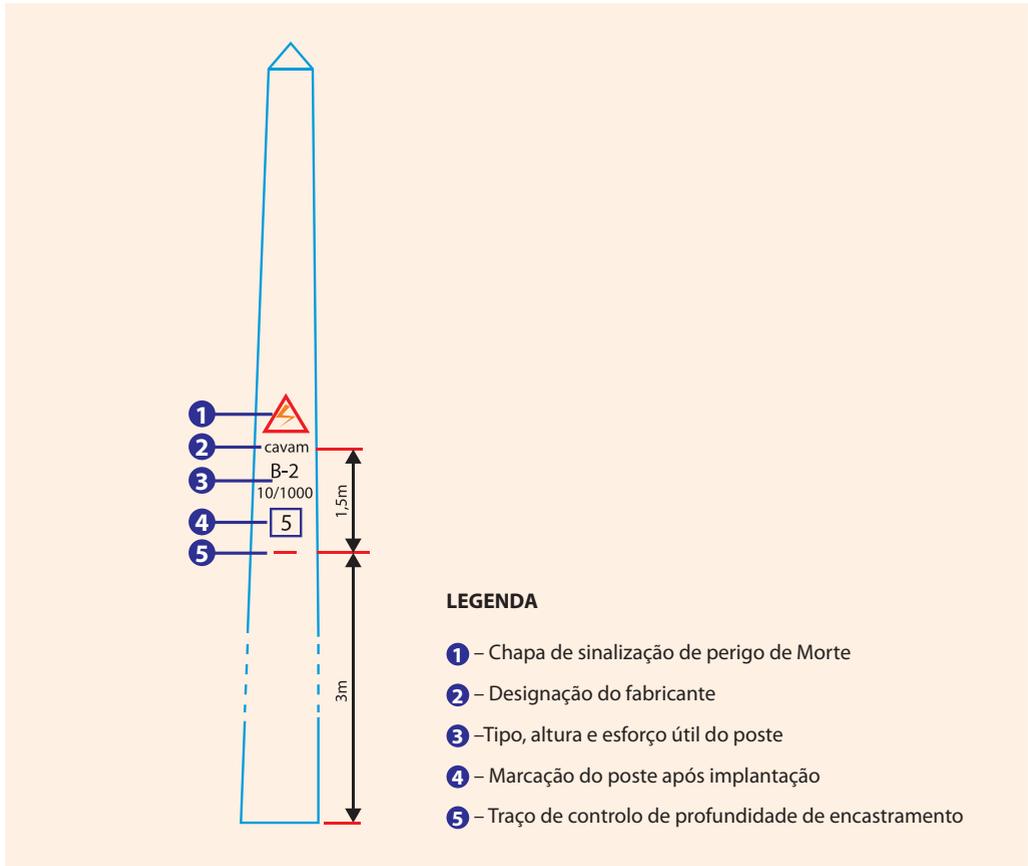


Figura 20 – Linha MT em abóbada

(6) Ver Ponto 3.4.



**Figura 21** – Marcação regulamentar de um apoio

Acima destas marcações deverá ser marcado o círculo de centro de gravidade do poste. Imediatamente abaixo dessas marcas deve haver uma caixa com as dimensões mínimas de 8 cm x 4cm e a profundidade máxima de 5 mm destinada a numeração regulamentar de apoio.

### 8.3.2 Maciços de Fundação dos Postes de Betão

É através das fundações que são transmitidos ao solo os esforços resultantes de todas as solicitações exteriores que lhe estão aplicadas. Assim, o maciço de fundação deve ser dimensionado de modo a que, sob o efeito das solicitações máximas a que possa vir a ser submetido, não ocorram aumentos perigosos da flecha dos condutores e muito menos o derrubamento do apoio.

Os critérios para o dimensionamento do maciço de fundação são:

- Natureza dos terrenos
- Responsabilidade da linha
- Função do apoio
- Esforços envolvidos
- Altura do apoio

## 8.5 ISOLADORES

Nas linhas eléctricas aéreas, os condutores devem estar isolados dos apoios correspondentes. Regra geral, os condutores empregam-se quase sempre nus, sem isolamento próprio. Sendo assim, há necessidade de um elemento intermédio, denominado **isolador**, de boas propriedades dieléctricas, que isole totalmente os condutores em tensão dos apoios que suportam a linha.

Nas linhas aéreas de MT os condutores são fixados em *isoladores rígidos* ou *isoladores acopláveis*, formando cadeias de isoladores – cadeias de suspensão e cadeias de amarração.

Os *isoladores acopláveis* para as cadeias são construídos de tal forma que permitam o acoplamento amovível de uma série de elementos, até obter o grau de isolamento desejado (Figura 22).

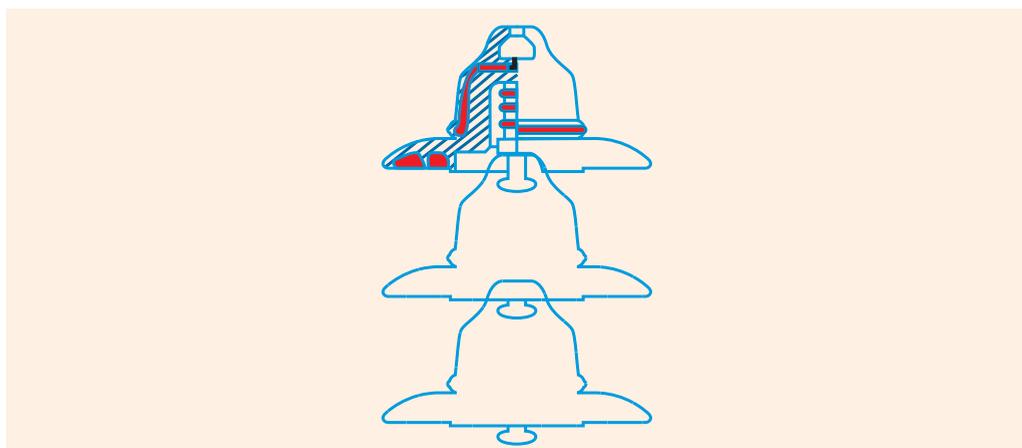


Figura 22 – Isolador acoplável

Os *isoladores não acopláveis (rígidos)* não estão construídos para permitir um acoplamento amovível com outros elementos similares (Figura 23).

Têm a designação de *isolador de apoio ou rígido* e, normalmente, são dotados de uma ou mais ferragens: uma delas para a sua fixação e outra, eventual, para a fixação do condutor.

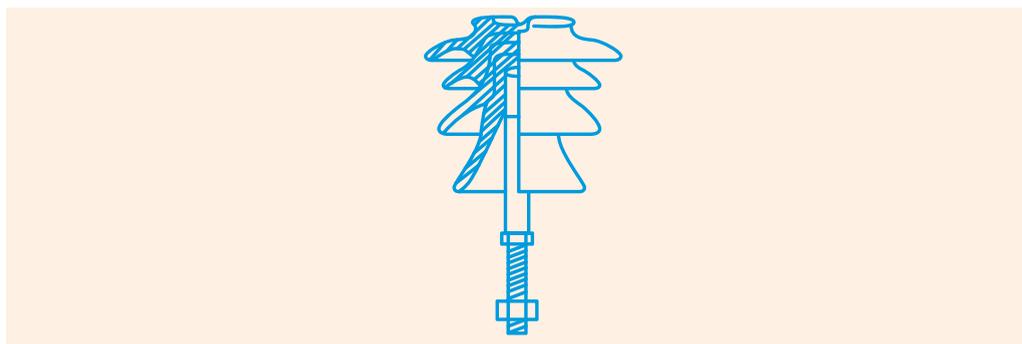


Figura 23 – Isolador não acoplável, de apoio ou rígido

A fixação dos condutores às cabeças dos isoladores rígidos é feita através de filaças, cujo material e forma de aplicação estão relacionados com as práticas tradicionais das diversas empresas distribuidoras.

O número de isoladores em cada cadeia depende do comprimento mínimo da linha de fuga, tendo em atenção a poluição existente na zona.

Os agentes poluidores que se depositam sobre a superfície dos isoladores, principalmente por acção do vento, são classificados em dois tipos: **Poluição Salina e Poluição Industrial**.

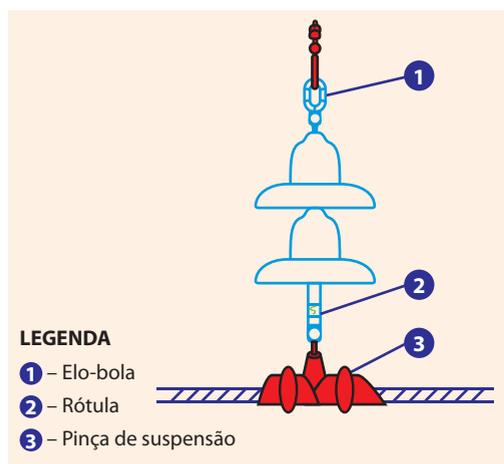
A classificação da severidade poluente dos locais, de acordo com as *Normas IEC*, o valor da salinidade suportável e o comprimento da linha de fuga específica são indicados na Tabela 9.

**Tabela 9** – Valores de salinidade e linhas de fuga específicas

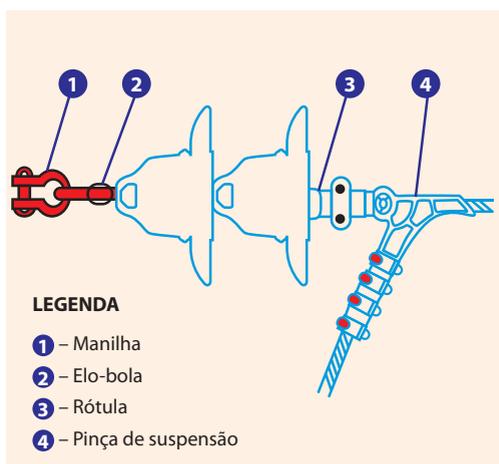
NÍVEL DE POLUIÇÃO	DISTÂNCIA AO MAR	SALINIDADE SUPORTÁVEL EXPECTÁVEL ( $\text{kg}/\text{m}^3$ )	LINHA DE FUGA ESPECÍFICA (mm/kV)
Média	> 3 km	> 28	20
Forte	1 a 3 km	> 80	25
Muito Forte	< 1 km	> 160	31

As cadeias de isoladores são concebidas de modo a serem fixadas articuladamente às armações dos apoios. As cadeias são constituídas por vários isoladores de campânula de porcelana ou de vidro e pelos acessórios metálicos de articulação às armações e aos condutores. Além disso, poderão ser ainda providas de hastes de descarga colocados num ou noutro extremo da cadeia, ou em ambos, para assegurar uma protecção contra os arcos de descarga eléctrica. A fixação aos condutores é efectuada através de pinças.

As Figuras 24 e 25 representam cadeias de isoladores em suspensão e amarração com os respectivos acessórios:



**Figura 24** – Cadeia de suspensão simples sem hastes



**Figura 25** – Cadeia de amarração simples sem hastes

## 8.6 CONDUTORES

Inicialmente foram utilizados condutores em cobre nu, que vieram a ser substituídos por condutores cableados concêntricos em alumínio-aço, designados por *ACSR* (da sigla inglesa *Aluminium Cable Steel Reinforced*), constituídos por uma alma de aço zincado de alta resistência, revestida por uma ou mais camadas de fios de alumínio do tipo AL1, obedecendo às normas *EN 50189, 50889, 61232 e 50182*, instalado em algumas linhas que ainda se encontram em serviço.



Figura 26 – Cabo ACSR

Actualmente são utilizados cabos de liga de alumínio, com condutores cableados concêntricos, compostos de uma ou mais camadas de fios de liga de alumínio do tipo *AL2, AL3, AL4 ou AL5*, obedecendo às normas *EN 50182 e 50183*.

São usados normalmente em substituição dos cabos *ACSR* quando se pretende igualmente uma maior resistência à corrosão.

Estes cabos são designados por *AL4*, que veio substituir a antiga designação *ASTER*.

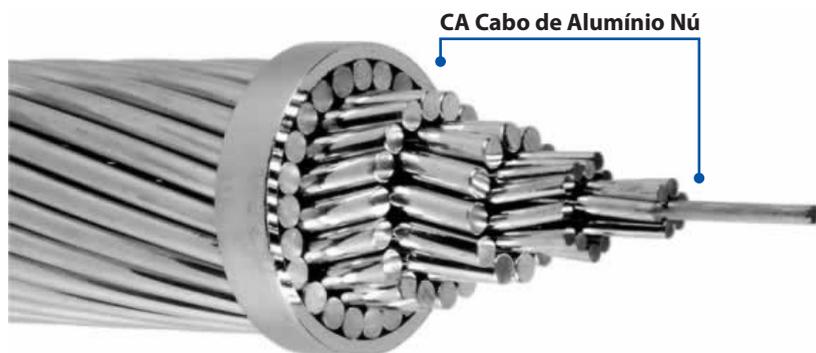


Figura 27 – Cabo AL4

Os cabos do tipo *AL4* normalizados pela *EDP Distribuição* são: 34-*AL4*; 55-*AL4*; 117- *AL4*; 148-*AL4*; 288-*AL4*.<sup>(7)</sup>

<sup>(7)</sup> Ver Anexo 2 – Ponto 8

Os esforços térmicos são calculados de acordo com o indicado no Anexo 2.  
 O esforço electrodinâmico é calculado pela expressão:

$$F_{st} = F_{ost} \times (1 + \varphi \times \zeta) \text{ kN}$$

- $F_{ost}$  é o esforço de tracção que, de acordo com o *RSLEAT*, não deve ser superior a 40% da carga de rotura nominal (artº 24).
- $\zeta$  é o parâmetro característico do vão e calculado pela expressão:

$$\zeta = ((g \times p' \times l)^2 / (24 \times F_{st}^3) \times (1 / ((1 / (100 \times l)) + (1 / ((1 / (E \times k)))))) \text{ N/m}$$

Onde:

- g: aceleração d gravidade – 9,81 m/s<sup>2</sup>
- p': peso do cabo e ligadores por m
- $\Psi$  é o factor de reacção do vão, sendo uma função de  $\zeta$  e de um parâmetro  $\varphi$ , característico, e que depende do esforço térmico de curto-circuito e do peso (por unidade de comprimento) do cabo e ligadores; é calculado pela expressão:

$$\varphi = 3 \times (\sqrt{1 + ((F / (g \times p'))^2) - 1}$$

Onde:

- $F \text{ (N/m)} = 0,2 \times l_{K2}''^2 / d$  ( $l_{K2}''^2 : \text{kA}; d : \text{m}$ )
- $l_{K2}''$  é a corrente de curto-circuito **fase-fase**

A Figura 30 apresenta o valor de  $\Psi$ .

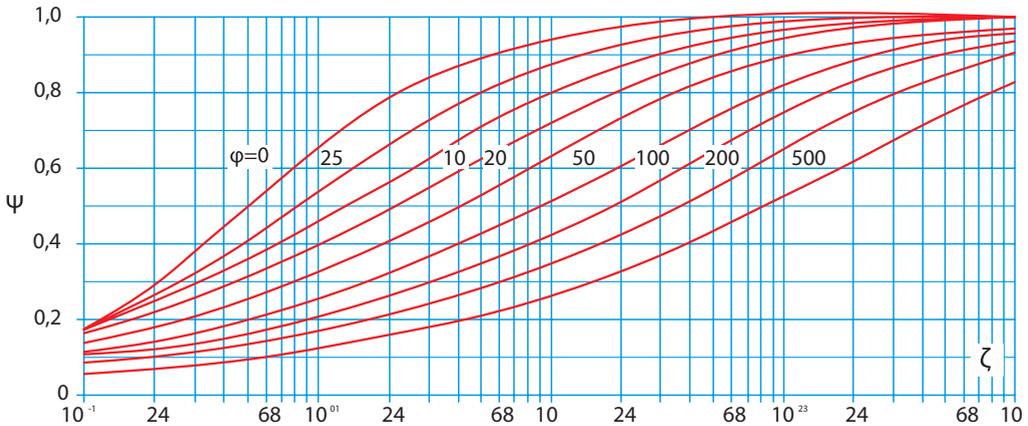


Figura 30 – Determinação do factor  $\Psi$

A Figura 31 exemplifica as noções de vão, flecha e tracção exercida pelos condutores de uma linha aérea.

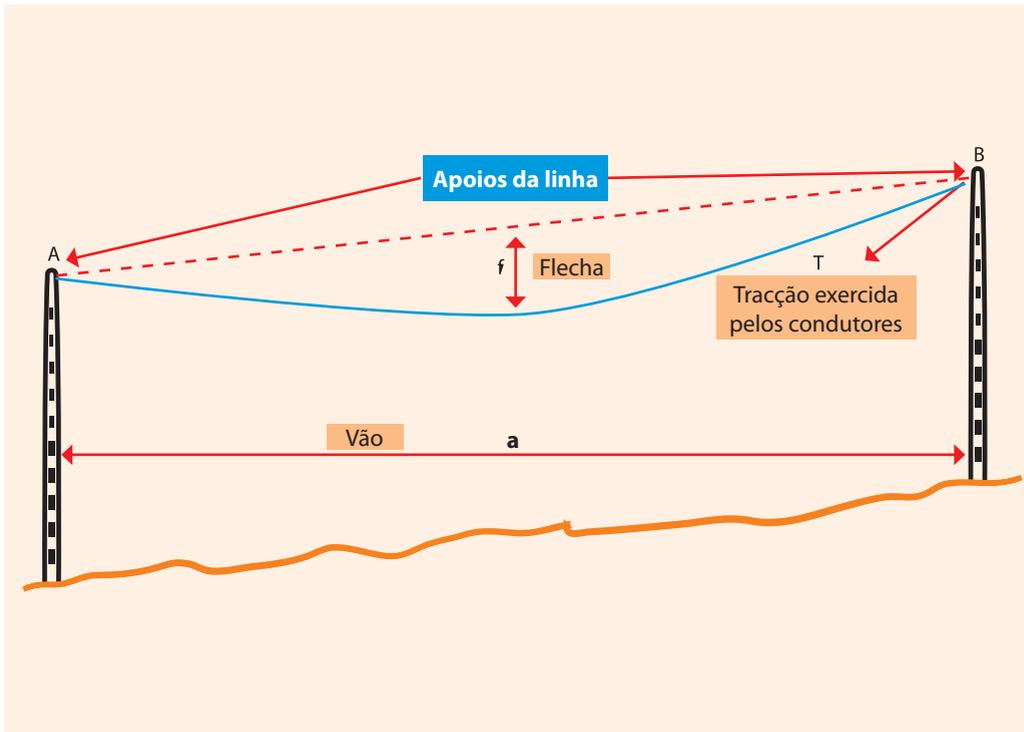


Figura 31 – Esquema ilustrativo de uma linha aérea

Por se tratar de um cálculo moroso, recorrendo a diversas fórmulas, recomenda-se a leitura da fonte [11] indicada no Anexo 6.

## 8.12 PROTECÇÃO DA AVIFAUNA

A prossecução de uma política ambiental que promova a preservação da bio-diversidade, em particular em áreas classificadas, levou a *EDP Distribuição* a efectuar um levantamento da localização das suas infra-estruturas aéreas mais impactantes, para classificar o grau de perigosidade das linhas, tendo em conta factores como a mortalidade, a ocorrência de aves prioritárias e/ou classificadas, o habitat e a localização da linha.

Para minimizar o impacto, as linhas MT dispõem de dispositivos espanta-pássaros, também denominados espanta-pássaros, que são montados espaçadamente nos cabos.

São dispositivos de formato helicoidal em material plástico de cor púrpura ou vermelha, ajustando-se ao cabo por enrolamento. Numa das extremidades têm três anéis de maior diâmetro que sobressaem do cabo e lhe conferem maior visibilidade, alertando as aves e evitando a colisão. A sua configuração torna desprezível a área de exposição ao vento.

São colocados espaçados entre si de 6 m, alternadamente num e noutro cabo, o que numa visada transversal do vão, dá um espaçamento de 3 m.

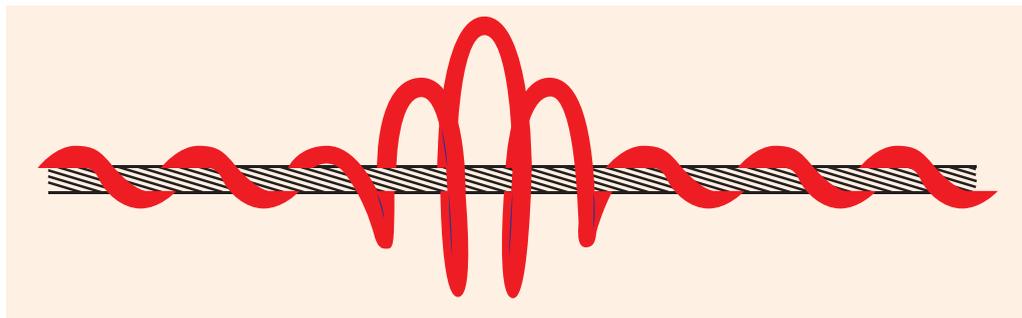


Figura 32 – Dispositivo espanta-pássaros

### 8.13 DISPOSITIVOS ANTI-NIDIFICAÇÃO

A nidificação das aves, particularmente as cegonhas, nos apoios da linha, devido à libertação de excrementos e outras matérias orgânicas, que se depositam nos isoladores, podem causar a diminuição da linha de fuga da cadeia de isoladores, e dar origem a um defeito **Fase-Terra**.

Para obviar a esta situação as linhas aéreas devem dispor de dispositivos anti-nidificação, que devem seguir o estipulado no C.E. da Obra ou as instruções do D.O.

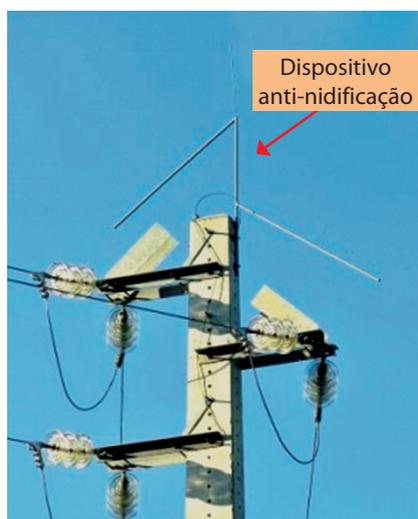


Figura 33 – Dispositivo anti-nidificação

### 8.14 RELIGAÇÃO

Os defeitos nas linhas aéreas são, na sua grande maioria, **assimétricos**, envolvendo geralmente apenas uma fase (**curto-circuito fase-terra**) e **transitórios** (cerca de **90%**) – quedas de árvores, contactos com animais, etc. – sendo por isso rapidamente eliminados.

Nas linhas aéreas MAT e AT (rede de transporte de energia), para permitir restaurar a continuidade do serviço imediatamente após o disparo do disjuntor, é necessário prever a **religação das linhas** (*abertura-temporização-fecho-abertura*), utilizando unidades de religação.

Esta prática é também habitual nas linhas aéreas MT em determinados países (por exemplo, o Brasil), mas em Portugal não tem sido usual fazê-lo nas linhas aéreas MT.

Contudo, de há uns tempos a esta parte, a *EDP Distribuição* introduziu esta operação nas linhas MT mais importantes, designadamente nos 30 kV.

## 9. REDES SUBTERRÂNEAS

### 9.1 TIPOS DE CABOS E CARACTERÍSTICAS

Um cabo é constituído, no mínimo, pelo(s) condutor(es) e respectivo isolamento e a bainha exterior.

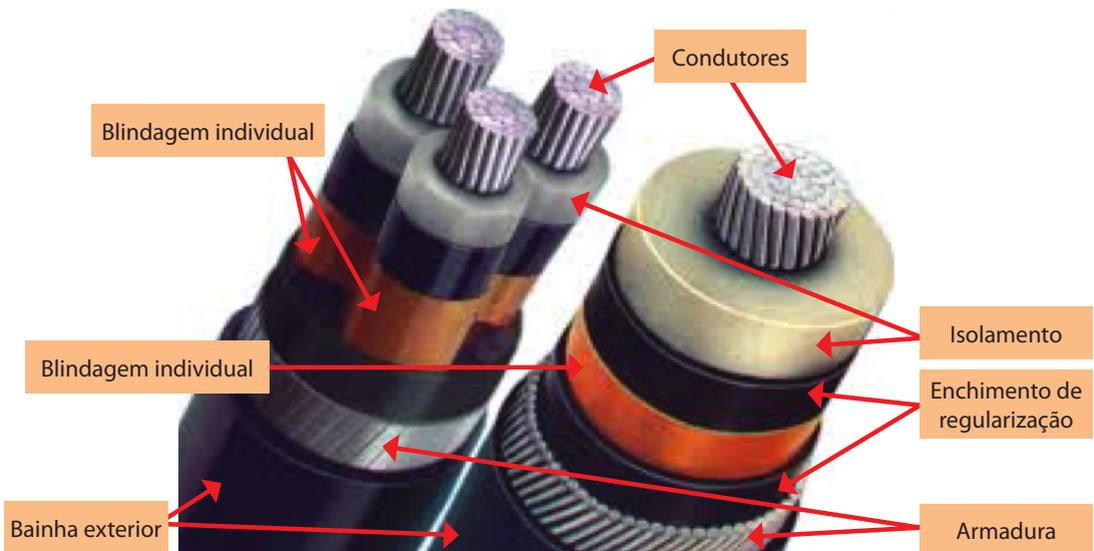
O material dos condutores pode ser o cobre ou o alumínio.

O isolamento dos cabos MT é usualmente o polietileno reticulado (*XLPE*), sendo os cabos com isolamento em *PVC* são apenas empregues até tensões de serviço  $U < 10kV$ , embora a sua utilização seja cada vez menor; a bainha exterior é em *PVC*.

Estes cabos têm uma blindagem em fita de cobre e, quando enterrados, dispõem habitualmente de armadura para protecção contra acções mecânicas.

Os cabos de MT tripolares ou monopolares (preferencialmente). Os cabos unipolares, quando armados, devem ter uma armadura de material não magnético, habitualmente o alumínio, a fim de evitar a circulação de correntes induzidas na armadura.

Na Figura 34 exemplifica-se a constituição de um cabo MT.



**Figura 34** – Cabos MT

Em Portugal, os cabos normalizados pela *EDP Distribuição* para a RMT subterrânea são unipolares, com condutores em alumínio, isolamento em *XLPE*, blindagem em fita de cobre e bainha exterior de poliolefina (*PO*) com baixo teor de halogéneos, do tipo *LXHIOZ1* (segundo *DMA-C33-251/N* de Agosto 2015, da *EDP Distribuição*).

## 11. TRANSIÇÃO REDE AÉREA/REDE SUBTERRÂNEA

Quando uma rede aérea se destina a ligar a um Posto de Transformação de cabina baixa ou pré-fabricado (ver Parte III), ou quando uma rede aérea passa a rede subterrânea numa zona suburbana ou urbana, é necessário proceder a uma transição rede aérea/rede subterrânea.

Essa transição é efectuada num apoio específico da linha aérea (ver Ponto 3), onde é instalada uma caixa terminal de cabo e descarregadores de sobretensões para a protecção contra descargas atmosféricas. Em algumas situações é também instalado um interruptor ou um seccionador para isolar o troço subterrâneo.

A Figura 37 ilustra esta transição.



Figura 37 – Transição rede aérea/rede subterrânea

Esta transição pode também ser efectuada em derivação da rede aérea.

Nas terminações, as bainhas metálicas dos cabos devem ser ligadas à terra de acordo com as prescrições dos fabricantes, interligando-se as bainhas das três terminações com o borne de terra da travessa de fim-de-cabo.

A ligação entre a parte fixa do punho do comando do seccionador ou interruptor e a sua parte amovível será feita através de uma trança de cobre  $16 \text{ mm}^2$  ( $14 \times 1,5 \text{ mm}$ ).

Nestas situações, deve ser também prevista uma plataforma de manobra/equipotencialidade, conforme descrito no Ponto 3.9.

# 12. PRINCÍPIOS CONSTRUTIVOS DAS REDES MT

## 12.1 REDE AÉREA

A montagem da rede aérea obedece a uma série de procedimentos e operações sequenciais, que se descrevem de forma resumida para as linhas com postes de betão.

- *Reconhecimento do traçado*, tendo por base a planta, à escala 1/25000, e o perfil da linha, à escala 1/2500, fornecidos com o C.E.
- *Construção da faixa de protecção da linha e, eventualmente, dos acessos* adequados à operacionalidade de todos os meios de montagem a utilizar na construção e futuras operações de inspecção e manutenção.
- *Piquetagem da linha*, isto é, localização no terreno dos pontos de implantação dos apoios definidos sobre o perfil, através da medição e transmissão de alinhamentos e medição de vãos.

A definição dos alinhamentos é feita a taqueómetro, estação total ou a GPS, utilizando marcas ou estacas consolidadas que balizam, sobre o terreno, os diversos vértices e pontos dominantes do traçado e sobre os quais se baseou o levantamento do perfil longitudinal da linha.

Os apoios são materializados no terreno por maciços de betão em zonas de fácil acesso, ou em terrenos duros e rochosos, e por estacas de madeira nas restantes situações.

A pintura nas estacas, ou noutras marcas inamovíveis, é a seguinte:

- Identificação dos apoios: tinta sintética azul
- Identificação dos alinhamentos: tinta sintética vermelha
- Estacas auxiliares para apoio do traçado: tinta sintética branca

A Figura 38 mostra o exemplo de uma piquetagem e marcações.

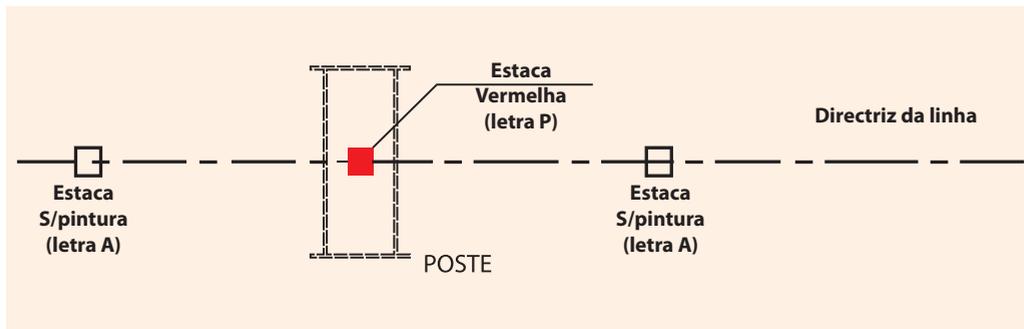


Figura 38 – Piquetagem de um apoio de alinhamento

- *Transporte dos postes* para o local onde vão ser implantados.
- *Marcação e abertura das covas dos maciços de fundação dos postes*; a marcação das covas de cada poste será efectuada pouco tempo antes da respectiva abertura, através de estacas cravadas no solo.

A marcação das **covas** de cada poste será efectuada pouco tempo antes da respectiva abertura, **através de estacas cravadas no solo**, devendo ser utilizados meios mecânicos (*retroescavadora*), para a *abertura das covas* (ver Figura 39).

– *Arvoreamento (içamento) dos postes*, com camião grua ou mastro de carga, e execução da ligação à terra.

Depois de arvorados e alinhados na posição final, os postes devem ser *espia*dos até à cura do betão do maciço.



Figura 39 – Abertura de covas para maciços de fundação

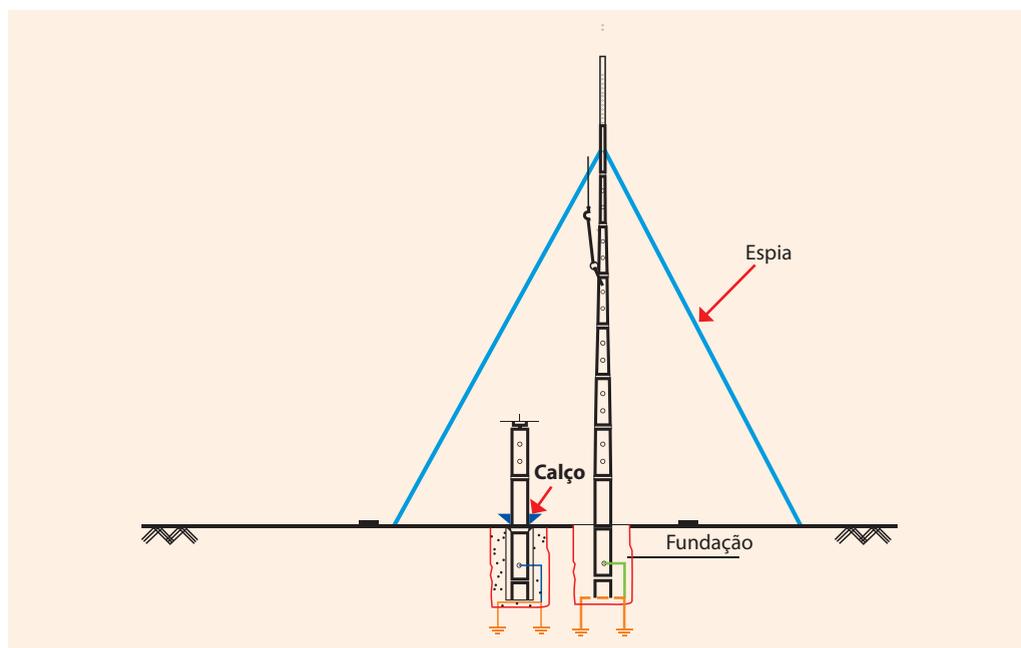


Figura 40 – Arvoreamento e espia de um poste de betão

- Execução dos maciços de fundação.
- Montagem das armações.
- Montagem das cadeias de amarração ou dos isoladores de apoio.
- Desenrolamento dos condutores e montagem dos mesmos por meio de roldanas.
- Regulação dos condutores; esta operação far-se-á pela medida da tensão de colocação nos vãos constantes do projecto, através de dinamómetro adequado, ou pela medição da flecha, conforme acordado com o D.O., utilizando neste caso uma luneta de retículo.
- Fixação de condutores

Os cabos unipolares MT podem ser instalados em esteira ou em triângulo ou trevo conjunto.

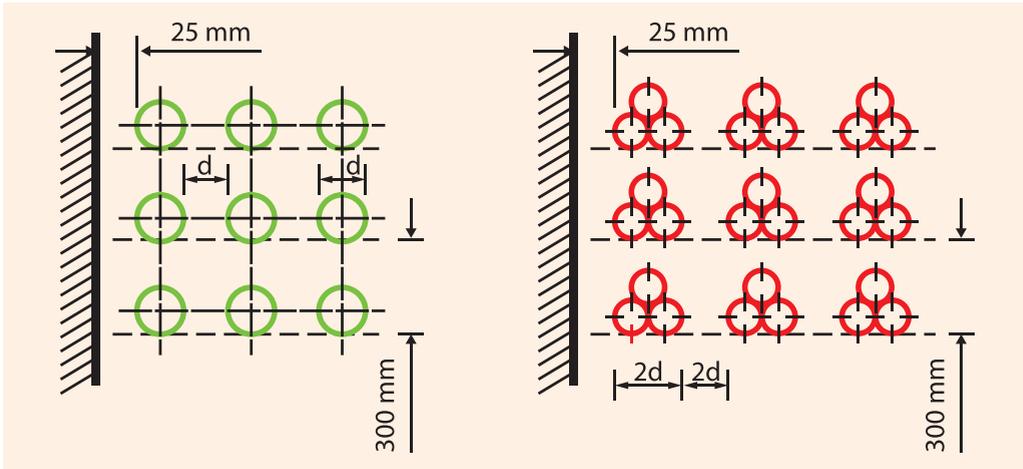


Figura 42 – Instalação de cabos unipolares em esteira (esquerda) e em triângulo ou trevo (direita)

A abertura de vala para colocação de cabos subterrâneos MT ou de tubagens far-se-á recorrendo a processo manual ou mecânico, através de retroescavadora apropriada, respeitando os traçados de Projecto e de acordo com os perfis de escavação definidos para a tipologia da rede a ser instalada.

O perfil tipo de vala para as redes de MT subterrâneas é caracterizado pelas seguintes dimensões:

- Largura da vala: 0,60 m.
- Profundidade da vala: 1,20 m.

Este perfil é preferencialmente generalizado, o que não exclui a necessidade de adopção de outros perfis, se os conditionalismos de determinados traçados a isso obrigarem. A adopção de outros perfis de escavação é sempre decisão soberana do D.O.

No entanto, se o traçado envolver mais que uma linha, em que cada circuito é constituído por cabos tripolares ou monopolares, é evidente que as dimensões da vala serão maiores, ajustadas ao número de cabos.

O perfil tipo para um circuito subterrâneo de MT, com três cabos monopolares, encontra-se ilustrado na Figura 43.

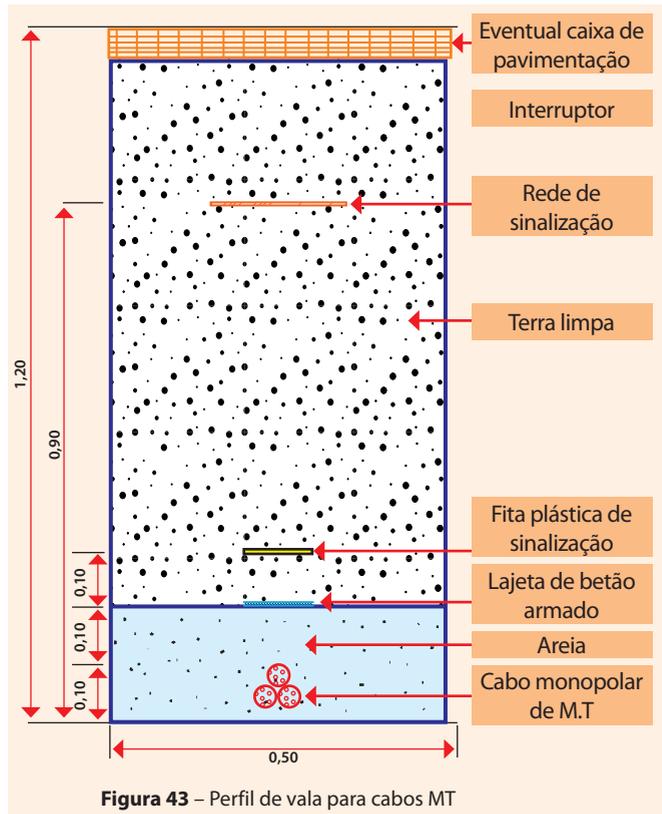


Figura 43 – Perfil de vala para cabos MT

### Travessias de construção com amaciamento dos tubos

As travessias deste tipo são construídas com tubos *PEAD/PEBD*, de 125 mm ou 160 mm de diâmetro exterior, dispostos em camadas na vala de forma análoga à já descrita para as travessias sem amaciamento, mas envolvidos em betão.

O leito da vala para colocação de tubos com envolvimento em betão deverá ser aplanado e coberto com uma camada de 0,10 m de betão pobre.

Feita uma cofragem lateral, os tubos são assentes sobre aquela base e envolvidos em betão *classe C16-20*, (classes de betão de acordo com os *Eurocódigos*), devidamente vibrado, garantindo que em todos os locais o betão tenha uma espessura mínima de pelo menos 0,03 m, salvo na camada superior que deverá ser 0,10 m.

Após secagem do betão, poderá proceder-se ao aterro da vala sendo a primeira camada de areia, areão ou terra cirandada cerca de 0,20 m, batida a maço.

As camadas seguintes serão também executadas com terra limpa ou "tout-venant" com 0,20m de espessura, regadas e mecanicamente compactadas. O material de compactação pode ser substituído por outro material, exigido pela entidade gestora da via.

Quando da instalação de mais que um tubo na mesma vala, os mesmos deverão ser solidarizados e posicionados por espaçadeiras ou pentes de guiamento.

Os tubos não utilizados deverão ser tamponados com acessórios próprios que garantam permanentemente e em todas as circunstâncias a estanqueidade da conduta.

A sinalização dos tubos será garantida através de rede de sinalização aplicada de 0,30 a 0,40 m a partir do nível do pavimento em conjugação com fita de sinalização aplicada a 0,10m acima da camada de betão. A colocação de placas de betão sob esta fita poderá ser exigida pelo D.O.

O perfil tipo de travessias com **um circuito amaciado**, encontra-se representado na Figura 47 e apresenta as seguintes características:

- Largura da vala: 0,80 m
- Profundidade da vala: 1,50 m
- Número mínimo de tubos diâmetro 160 mm: 5 (sendo 2 de reserva)

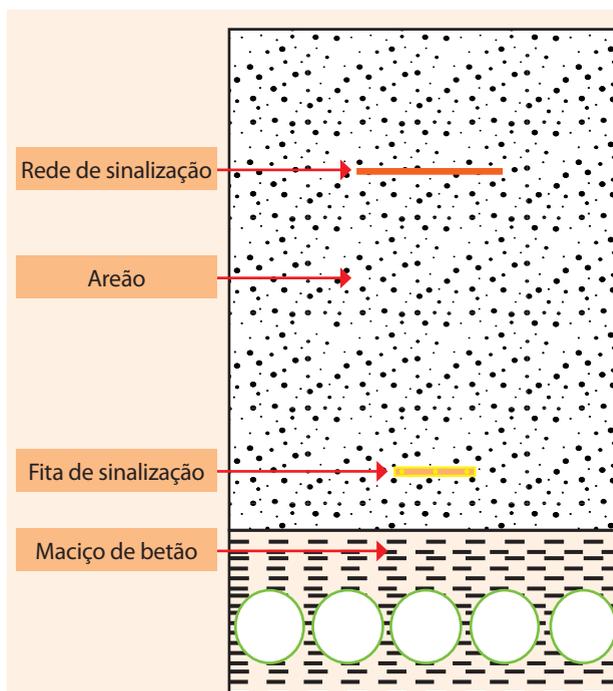


Figura 47 – Perfil tipo de travessias para tubos amaciados

### 13.3 PTS AÉREOS

Os PTS aéreos são habitualmente utilizados em zonas rurais ou semi-urbanas, sendo a potência do transformador limitada a 250 kVA, não tendo a função de seccionamento (apenas Posto de Transformação – PT).

Nestes PTS, que obedecem a um projecto-tipo normalizado pela DGEG<sup>(3)</sup>, os equipamentos são instalados num poste de betão, sendo dos seguintes tipos:

- A – sem seccionador; transformadores até 100 kVA (25-50-100 kVA).
- AS – com seccionador; transformadores até 100 kVA (25-50-100 kVA).
- AI-1 – com interruptor; transformadores até 250 kVA (160-250 kVA).

A aparelhagem é de isolamento e corte no ar.

Nas Figuras 48 a 50 apresentam-se estes tipos de PTs.

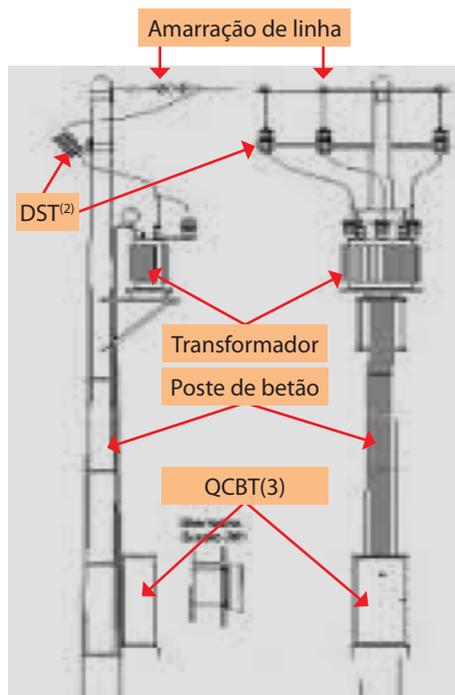


Figura 48 – PT tipo A

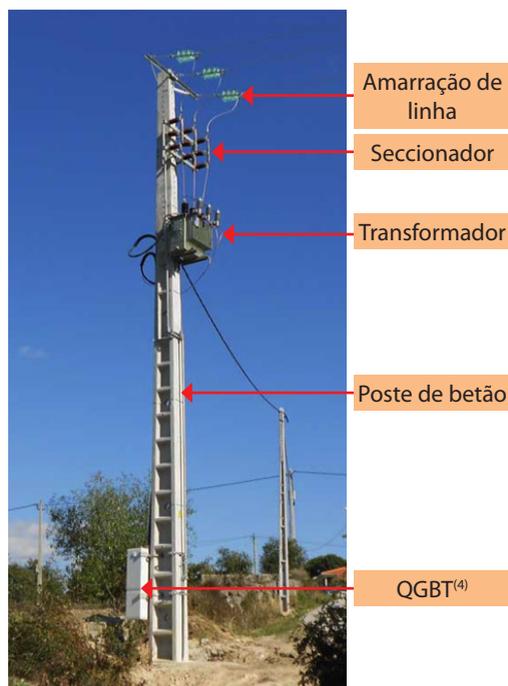


Figura 49 – PT tipo AS



Figura 50 – PT tipo AI-1

(2) DST: Descarregador de sobretensões

(3) QGBT (Quadro Geral de Baixa Tensão) – ver Capítulo 2.6.

Na base dos postes e assentes parcialmente no respectivo maciço são montadas plataformas de manobra pré-fabricadas, de betão com armadura, constituídas por arame de 4 mm de diâmetro, em malha de 20 × 20 mm e com a dimensão de 1000 × 700 mm.

Nos PTS do tipo A é montada uma plataforma de manobra e nos PTs dos tipos AS e AI-1 são montadas duas plataformas de manobra, sendo as mesmas sobrelevadas 0,15 m, relativamente ao nível do solo.

Nos PTS aéreos, como o transformador a instalar tem como potência máxima 250 KVA, não estão previstas protecções contra sobreintensidades no lado da média tensão mas apenas do lado de baixa tensão.

A protecção contra sobreintensidades do transformador será assegurada apenas do lado da BT, e através de um disjuntor geral de BT, dotado de relés térmicos e magnéticos, para protecção conjunta contra sobrecargas e curto-circuitos respectivamente, aferidos à potência do transformador, ou fusíveis de BT de APC (*Alto Poder Corte*), do tipo gG (curva magnetotérmica), para protecção conjunta contra sobrecargas e curto-circuitos, associados ao interruptor de corte geral de BT, conforme estabelecido nas DMA da EDP Distribuição. Os valores estipulados da aparelhagem serão adequados à potência do transformador.

### 13.4 PTS EM CABINA ALTA

Nos PTS em cabina alta, dos tipos **CA-1** (*transformador até 250 kVA – 25-50-100– 160-250 kVA*) e **CA-2** (*transformador até 630 kVA – 315-400-630 kVA*), de acordo com projecto-tipo normalizado pela DGEG, os equipamentos são de corte e isolamento no ar, fixados às paredes ou apoiados no solo; as ligações entre equipamentos são realizadas por barramentos nus (*barra ou vareta de cobre*), apoiados em isoladores.

Não têm a função de seccionamento (apenas Posto de Transformação – PT) e as entradas MT são aéreas, sendo a ligação aos equipamentos MT e ao barramento realizada através de isoladores passa-muros; no exterior, no local onde as linhas aéreas MT ligam ao PT, são instalados descarregadores de sobretensões, para a protecção contra descargas atmosféricas.

A construção deste tipo de PT foi abandonada, embora ainda existam alguns em serviço.

As Figuras 51 e 52 mostram exemplos do exterior e da implantação do equipamento neste tipo de PTS.



Figura 51 – PT tipo cabina alta

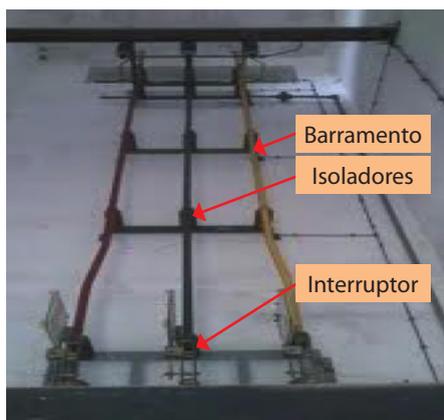


Figura 52 – Exemplo de implantação de equipamento num PT tipo cabina alta

(4) QGBT (Quadro Geral de Baixa Tensão) – ver Ponto 2.6.

(5) Neste tipo de PTS é habitual instalarem-se DST (descarregadores de sobretensões) antes dos isoladores passa-muros.

As características gerais dos QMT da *EDP Distribuição* são indicadas na tabela 15.

**Tabela 15** – Características gerais dos QMT da EDP Distribuição

TENSÃO ESTIPULADA (KV)	VALOR EFICAZ DA CORRENTE ESTIPULADA DE CURTA DURAÇÃO (3 S) (KA)	VALOR DE PICO DA CORRENTE ESTIPULADA DE CURTA DURAÇÃO (KA)	CORRENTES ESTIPULADAS EM SERVIÇO CONTÍNUO (A)						
			Barramento	Linha	Chegada transformador de potência	Transformador MT/BT	Bateria de condensadores	Inter-barras	Ligação de barras
12	16	40	2500	630	2500	630	630	2500	2500
17,5	16	40	1600	630	1600	630	630	1600	1600
36	12,5	31,5	800	400	400	400	400	800	800

Os índices de protecção IP e IK<sup>(8)</sup> assegurados pelos invólucros contra a penetração de poeiras e água e contra impactos mecânicos externos são indicados na tabela 16.

**Tabela 16** – Índices de protecção dos QMT da EDP Distribuição

EQUIPAMENTO	IP	IK
Tampas, divisórias, obturadores e portas de invólucro	IP 30	IK 07
Aparelhagem montada no interior do compartimento de BT	IP 30	IK 02
Mecanismo de comando	IP 20	IK 07

## Metal Clad

Os QMT do tipo “*Metal Clad*”, de que se representa um exemplo na Figura 58, são igualmente constituídos por celas modulares com disjuntores extraíveis, que desempenham simultaneamente a função de protecção e corte (quando extraídos).

São a solução mais flexível, mais robusta e mais segura, uma vez que garantem uma melhor separação e isolamento dos componentes normalmente em tensão, designadamente a quando da abertura da porta do compartimento do disjuntor, sendo de construção “*arcproof*”.

O disjuntor tem três posições:

- Inserido
- Extraído
- Teste



**Figura 58** – QMT do tipo Metal Clad

(8) Ver Anexo 3

As bobinas de abertura e fecho actuam por emissão de corrente; o mecanismo de comando é geralmente por mola.

As principais características técnicas dos disjuntores normalizados nos QMT dos PST *EDP Distribuição*, são as indicadas na tabela 19<sup>(9)(19)</sup>.

**Tabela 19** – Características técnicas de disjuntores dos QMT da EDP Distribuição

TENSÃO ESTIPULADA (kV)	CORRENTE ESTIPULADA (A)	PODER DE CORTE ESTIPULADO, 3 S (kA)
12	400, 630	16
17,5	630	16
36	400	12,5

### 14.4 TRANSFORMADORES DE MEDIDA

Os transformadores de medida – tensão (TTs) e intensidade (TIs) – destinam-se a fornecer uma imagem respectivamente do valor da tensão e da corrente da instalação para os aparelhos de medida e contagem e para as unidades de protecção.

Os TTs são ligados em paralelo e os TIs em série.

As características dos transformadores de medida são:

- Relação de transformação (valores secundários).
- Classe de precisão.
- Potência de precisão.

As características técnicas dos transformadores de medida normalizados nos QMT da *EDP Distribuição* (DMA-C64-400/N – 3a Edição – Fevereiro de 2007) são as indicadas na Tabela 20.

**Tabela 20** – Características de TTs e TIs

EQUIPAMENTO	FUNÇÃO	VALORES SECUNDÁRIOS	CLASSE DE PRECISÃO	POTÊNCIA DE PRECISÃO
TTs	Medida e contagem	<b>100/√3 (ligação em estrela)</b>	0,5 FS5(10)	120 VA
	Protecção		3P	15 VA
	Tensão residual	<b>100/3</b>	3P	60 VA
TIs	Medida e contagem	<b>1 A</b>	0,5 FS5 <sup>(10)</sup>	10 VA
	Protecção		5P20 (na chegada Transformador de Potência); 5P15 (restantes casos)	15 VA

(9) Tensão estipulada 12 kV: DMA-C64-105/N – 2a Edição – Fevereiro de 2007. Tensão estipulada 17,5 kV: DMA-C64-110/N – 2a Edição – Fevereiro de 2007. Tensão estipulada 36 kV: DMA-C64-115/N – 2a Edição – Fevereiro de 2007.

(10) FS: Factor de segurança – característica dos TIs, que indica o grau de protecção dos aparelhos de medida a eles ligados, quando o TI é percorrido por correntes elevadas. Os valores habituais são 5 e 10, significando que a corrente secundária aumentará, no máximo 5 ou 10 vezes, respectivamente, quando a carga é a potência de precisão

A relação de transformação é a relação entre o número de espiras dos enrolamentos primários e, designando-a por "a", verifica-se a seguinte relação, considerando um transformador com:

- Número de espiras do primário:  $N_1$ ; tensão primária:  $U_1$ ; corrente primária:  $I_1$
- Número de espiras do secundário:  $N_2$ ; tensão secundária:  $U_2$ ; corrente secundária:  $I_2$

$$a = N_1 / N_2 = U_1 / U_2 = I_2 / I_1$$

O valor da defasagem entre as tensões primária e secundária define o grupo de ligações do transformador (por exemplo, num transformador Yy5, a tensão secundária está desfasada de  $150^\circ$  relativamente à tensão primária – em atraso).

A Tabela 21 mostra os principais grupos de ligações.

**Tabela 21** – Principais grupos de ligações

ÍNDICE DE DESFA- GEM OU HORÁRIO	SÍMBOLO DA LIGA- ÇÃO	DIAGRAMA VECTORIAL	
		TENSÃO MAIS ELE- VADA	TENSÃO MENOS ELEVADA
0 (0°)	Dd0		
	Yy0		
	Dz0		
5 (150°)	Dy5		
	Yd5		
	Yz5		
6 (180°)	Dd6		
	Yy6		
	Dz6		
11 (330°) (-30°)	Dy11		
	Yd11		
	Yz11		

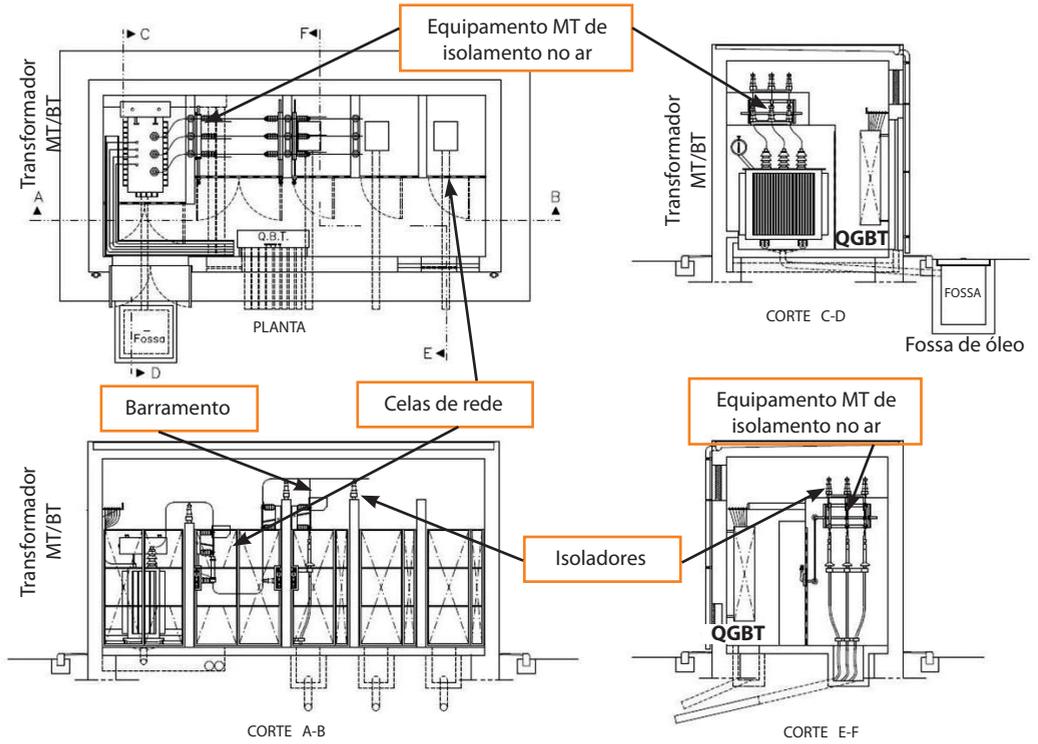


Figura 67 – Planta e cortes de um PTS de cabina baixa do tipo CBL

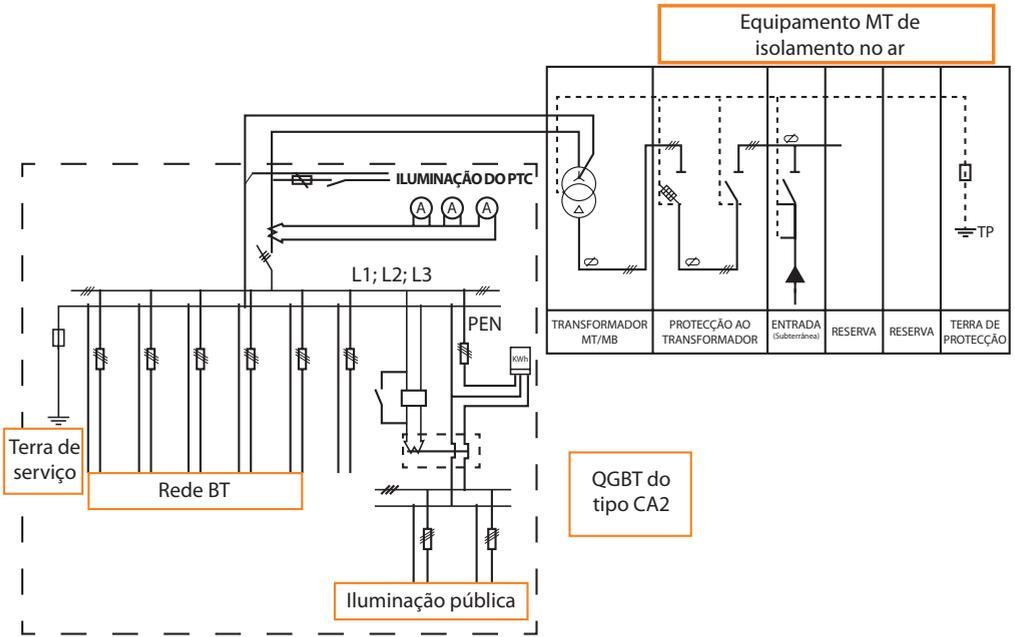
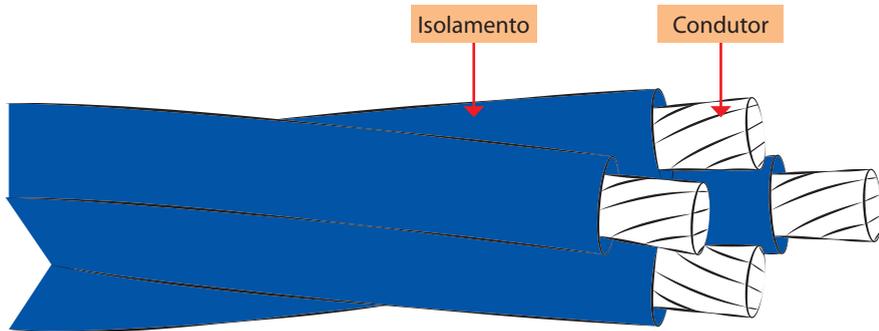


Figura 68 – Esquema unifilar de um PTS de cabina baixa do tipo CBL



A Figura 76 mostra o exemplo de um cabo em torçada.



**Figura 76** – Cabo em torçada

### 21.2.2 Acessórios

Para a continuidade de um circuito e apoio do cabo torçada desse circuito em postes e fachadas são usados os seguintes acessórios:

- Ferragens de fixação
- Gancho, tipo rabo de porco, com rosca e porca com anilha, em varão redondo de ferro galvanizado, para fixação nos postes.
- Gancho, idem, com chumbador, idem, para fixação em paredes.
- Alongador, em varão de ferro redondo galvanizado para fixação por amarração.
- Pinças de amarração e suspensão.
- Ligadores de união e derivação.

As partes metálicas dos berços e pinças de amarração e de suspensão nunca devem contactar directamente com o isolamento dos condutores.

Existem os seguintes tipos de pinças:

- Pinça ou berço de suspensão para torçadas sem neutro tensor para postes e fachadas.
- Idem, para torçadas com neutro tensor, idem.
- Berço de guiamento para esquinas de fachadas.
- Pinça de amarração para 2 condutores em torçada.
- Pinça de amarração para 4 condutores em torçada.
- Pinça de amarração para cabos torçada com neutro tensor.

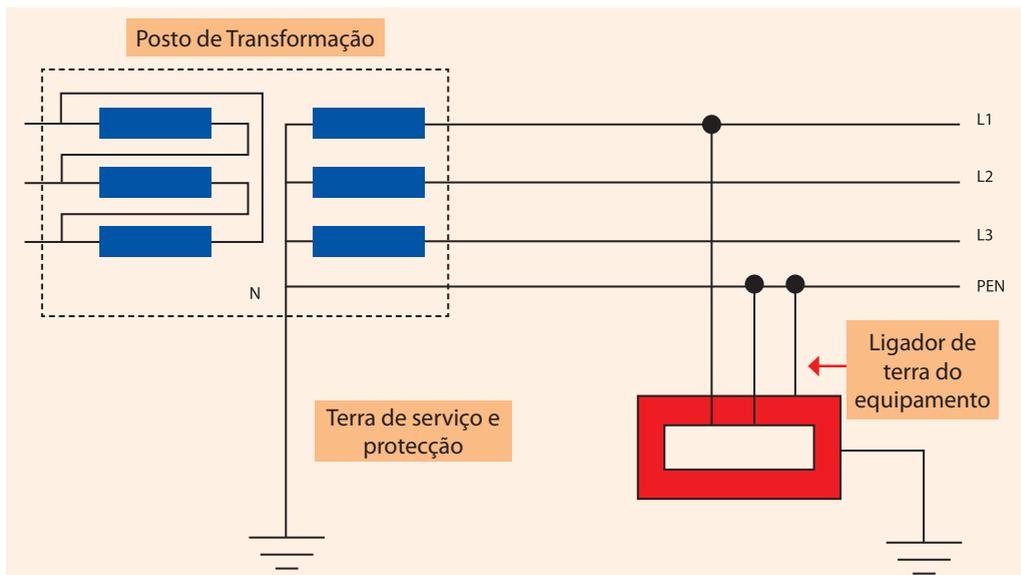


Figura 81 – Regime TN-C

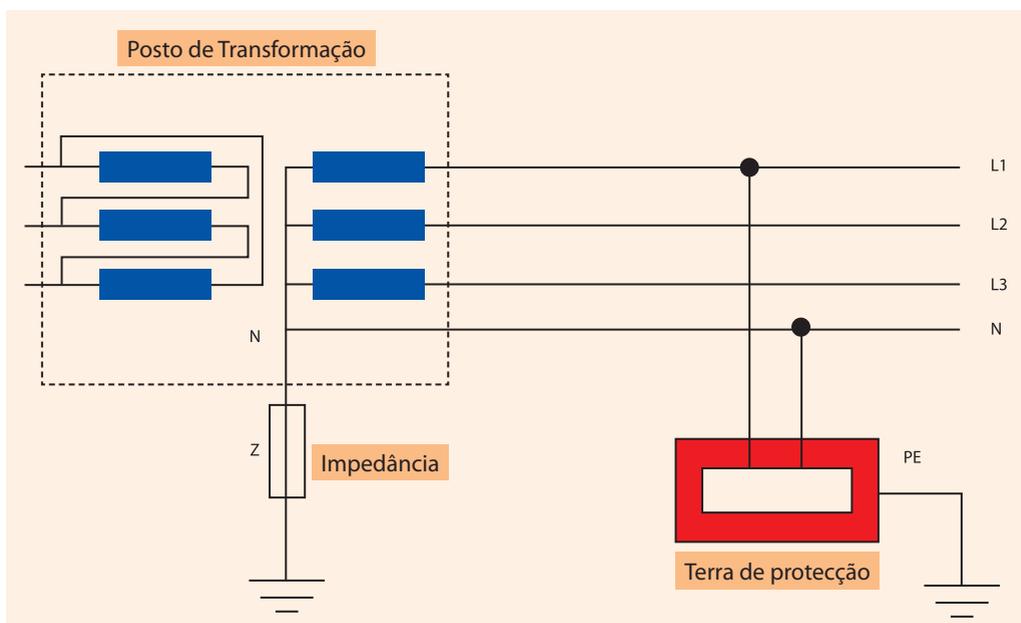
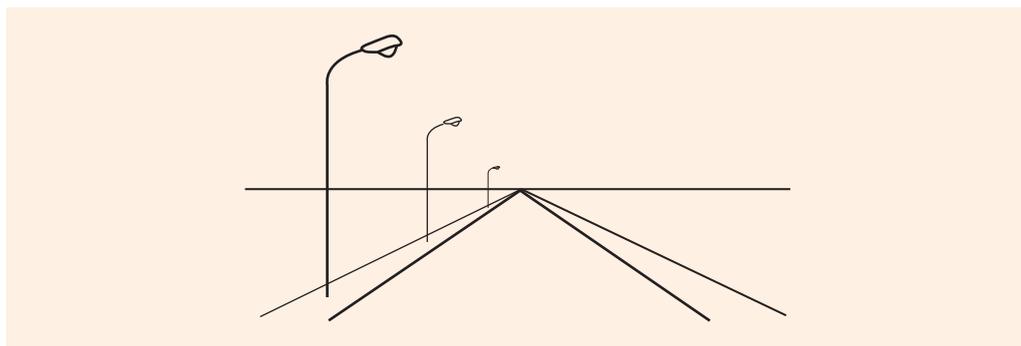


Figura 82 – Regime IT

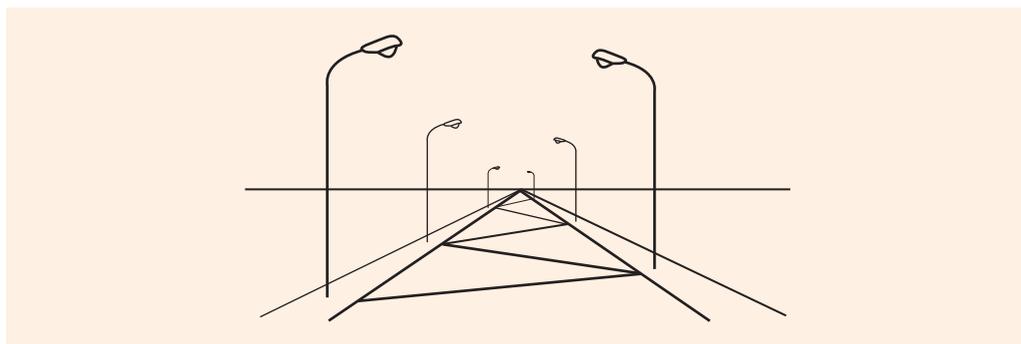
Em Portugal o regime de neutro da RBT é o **TN-C**.

As redes com regime **IT** são utilizadas quando o disparo ao primeiro defeito à terra pode conduzir a situações de perigo para a vida humana (caso das salas de operações e recobro dos hospitais, por exemplo) ou causar danos materiais importantes (caso de instalações de fundição de metal, por exemplo).

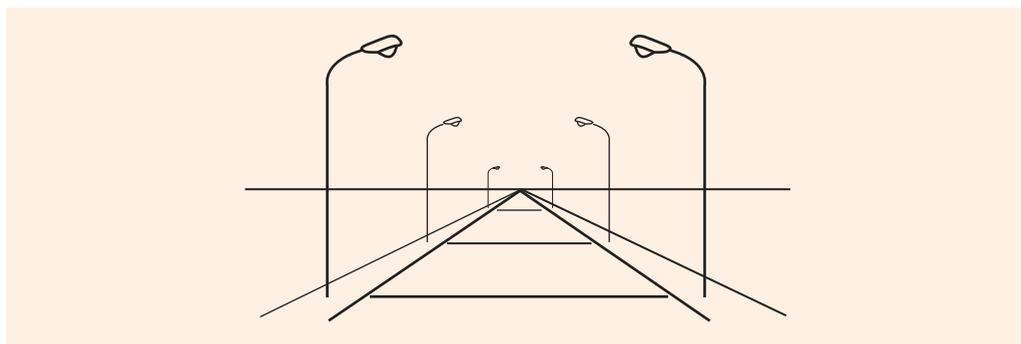
Nestas situações é necessário utilizar um dispositivo de “Controlo Permanente de Isolamento” (CPI), que deve obedecer ao estipulado na *Norma IEC 61557*.



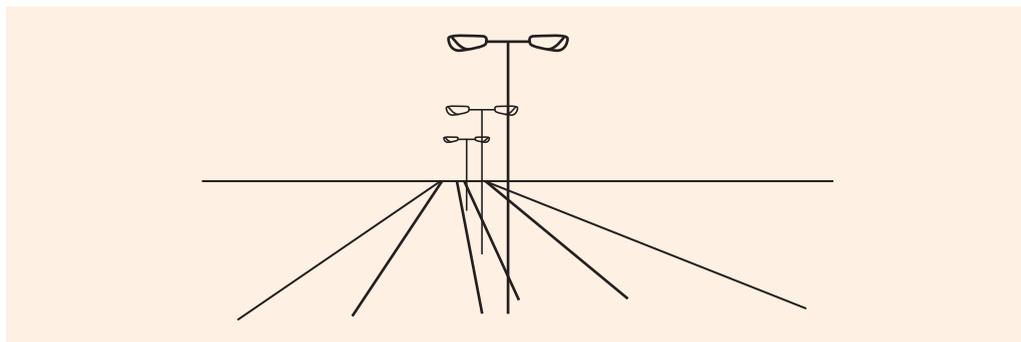
**Figura 83** – Distribuição unilateral



**Figura 84** – Distribuição quinquêncio



**Figura 85** – Distribuição bilateral oposição



**Figura 86** – Distribuição axial

A Figura 88 mostra uma coluna de IP com braço duplo.

A altura útil das colunas, por questões de facilidade de manutenção, é normalmente limitada a **12-15m**; quando são necessárias colunas com uma altura útil superior (caso típico da iluminação de grandes rotundas, onde as colunas podem ter alturas úteis de **20 e 25 m**, estas devem dispor de coroa móvel, com dispositivo de sobe e desce, para manutenção).



Figura 88 – Coluna de IP com braço duplo

Na base da coluna existe uma portinhola, onde são alojados os fusíveis de protecção da armadura e onde é feita a ligação do cabo da rede de alimentação. De acordo com o estabelecido no RSRDEEBT, as colunas são electrificadas com cabo flexível do tipo *H05VV-F 3G1,5 mm<sup>2</sup>* ou *3G2,5 mm<sup>2</sup>* (**um cabo por armadura**).

Cada coluna será ligada directamente à terra, através de uma vareta de aço revestido a cobre, de 16 mm de diâmetro e comprimento 1,5-2 m.

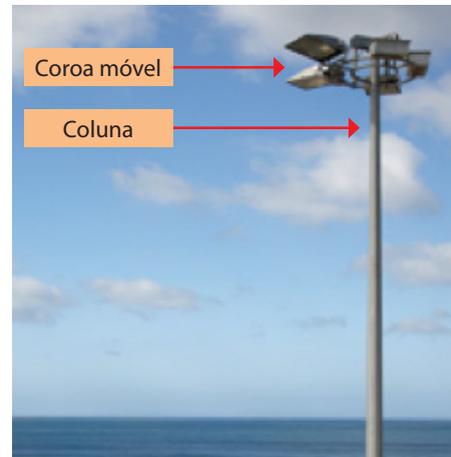


Figura 89 – Coluna de IP com coroa móvel

A fixação das colunas metálicas pode ser feita por encastramento ou por meio de uma flange e chumbadouros a um maciço de betão (solução normalmente utilizada nos grandes centros urbanos e para  $h_u \geq 6-8$  m).

Os avanços tecnológicos têm permitido a instalação de colunas de iluminação com painel fotovoltaico, para alimentação da armadura, como se mostra na Figura 89.



Figura 90 – Coluna de IP com painel fotovoltaico

# A2.1

## ESFORÇO TÉRMICO DE CURTO-CIRCUITO

Os esforços térmicos de curto-circuito nos condutores são calculados pelas expressões:

- $I_{th} = I''_{k3} \times$
- $s \text{ (mm}^2\text{)} = (I_{th} / \alpha) \times \sqrt{(t / \Delta\theta)}$

Nas Figuras A2.1 e A2.2 estão indicados os valores dos factores "m" e "n".

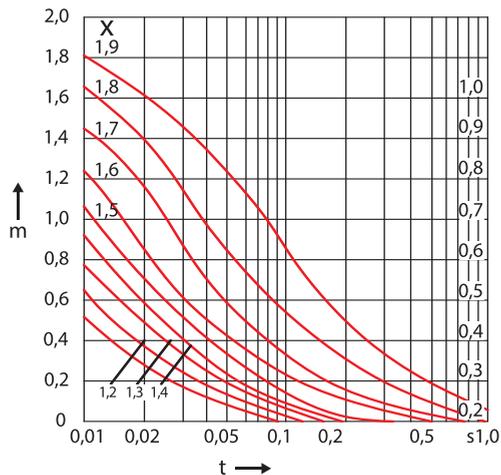


Figura A2.1 – Factor "m"

Notas:

- 1 – "t" é o tempo de defeito
- 2 – É habitual fazer-se " $\chi = 1,8$ "

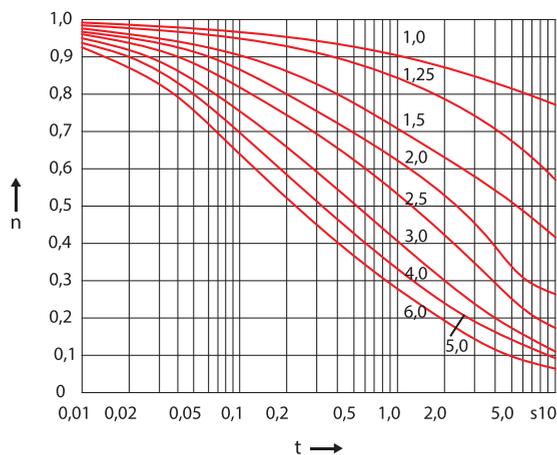


Figura A2.2 – Factor "n"

Notas:

- 1 – "t" é o tempo de defeito
- 2 –  $I_K$  é o valor mantido da corrente de curto-circuito; numa rede estável  $I''_K / I_K = 1$ .

# A2.6 CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS E MECÂNICAS DAS BARRAS DE COBRE

Tabela A2.4 – Características de barras de cobre

DIMENSÕES (MM)	SECÇÃO (MM <sup>2</sup> )	PESO (KG/M)	CLASSE DO MATERIAL	CORRENTE ADMISSÍVEL (A)		VALORES ESTÁTICOS			
						↑ F		↑ F	
				Pintado	Nu	W (cm <sup>3</sup> )	J (cm <sup>4</sup> )	W (cm <sup>3</sup> )	J (cm <sup>4</sup> )
15x3	44,5	0,21	F 37	185	170	0,113	0,084	0,023	0,003
20x5	99,1	0,88	F 30	325	295	0,333	0,333	0,083	0,021
25x5	124	1,11		395	350	0,521	0,651	0,104	0,026
30x5	149	1,33		450	400	0,750	1,130	0,125	0,031
40x5	199	1,77		600	520	1,330	2,670	0,167	0,042
40x10	399	3,55		850	760	2,670	5,330	0,667	0,333
50x5	249	2,22	F 30	720	630	2,080	5,210	0,208	0,052
50x10	499	4,44	F 25	1030	920	4,170	10,400	0,833	0,417
60x10	599	5,33		1200	1060	6,000	18,000	1,000	0,500
80x10	799	7,11		1560	1380	10,700	42,700	1,330	0,667
100x10	999	8,89		1880	1700	16,700	83,300	1,670	0,833
160x10	1600	10,70		2800	2500	42,700	341,000	2,670	1,330

As correntes admissíveis indicadas na tabela anterior consideram uma temperatura ambiente de **35° C** e uma temperatura final do condutor de **65° C**. Para outras condições devem ser aplicados os factores de correcção (K) indicados na Figura A2.5, onde  $\theta_1$  é a temperatura ambiente e  $\theta_2$  é a temperatura final do condutor.

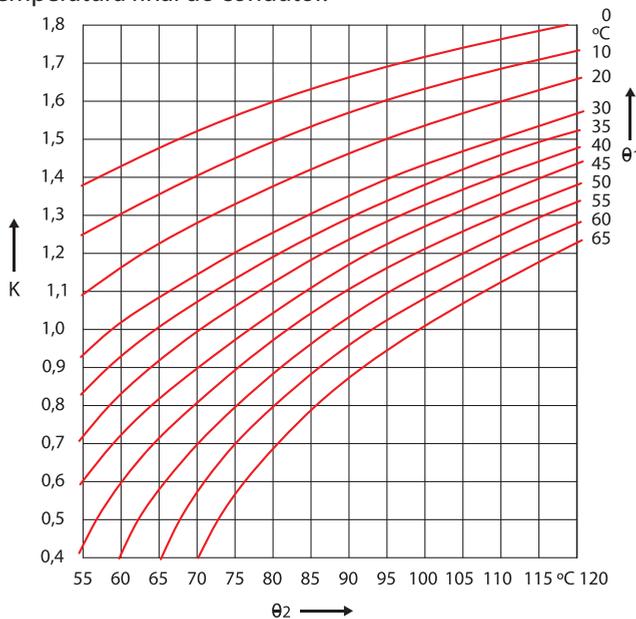


Figura A2.5 – Factores de correcção da temperatura para barras de cobre

## A3.1 TENSÕES DE PASSO E DE CONTACTO

Nas instalações exteriores o campo electromagnético causado pelas cargas estáticas nos condutores nus e pelas condições atmosféricas dão origem a tensões induzidas nas partes da instalação normalmente sem tensão, como por exemplo as estruturas metálicas, criando diferenças de potencial quer entre elas e a terra, quer entre pontos diferentes no solo.

Situações semelhantes ocorrem a quando de um defeito **Fase-Terra** que envolva as referidas estruturas metálicas.

Estas diferenças de potencial dão origem às “tensão de contacto” ( $U_{cont}$ ) e “tensão de passo” ( $U_{passo}$ ), ou a uma combinação de ambas, que podem provocar a circulação de uma corrente através do corpo humano, com todas as consequências daí resultantes.

A “tensão de contacto” pode ser definida como a diferença de potencial entre qualquer ponto do solo e uma estrutura metálica à terra capaz de ser tocada, quando a corrente de defeito circula, sendo habitual considerar a distância de **um metro** entre a estrutura e o solo.

A “tensão de passo” define-se como a diferença de potencial superficial entre os pés, quando a corrente de defeito circula, sendo habitual considerar a distância de **um metro** entre os pés.

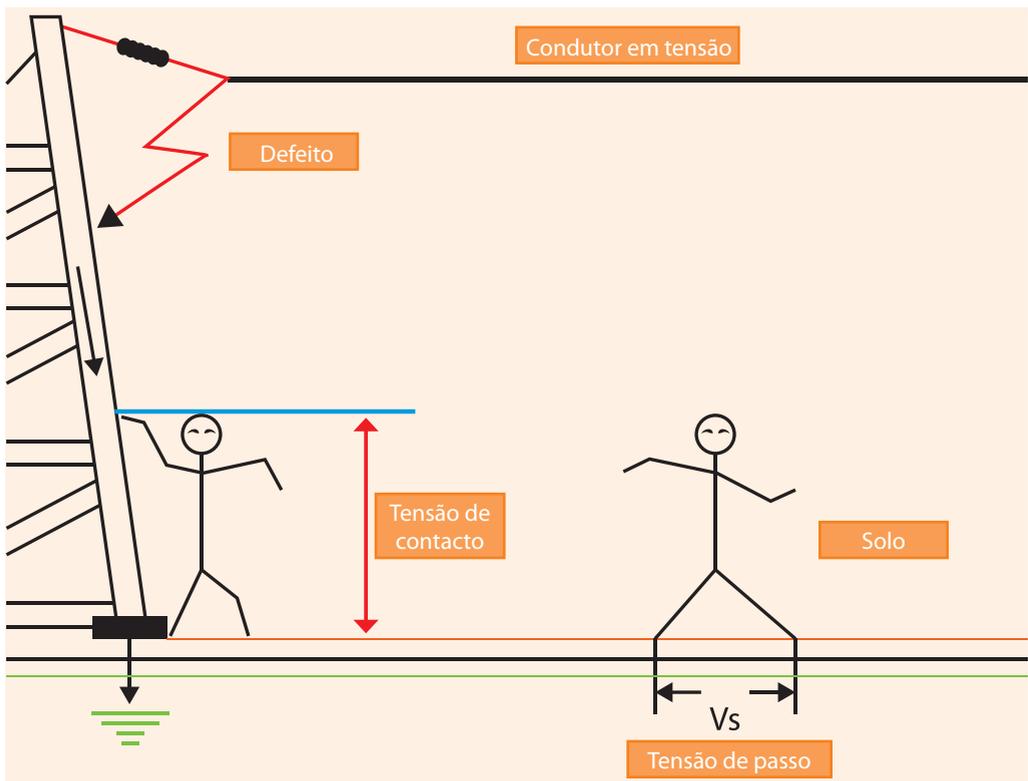
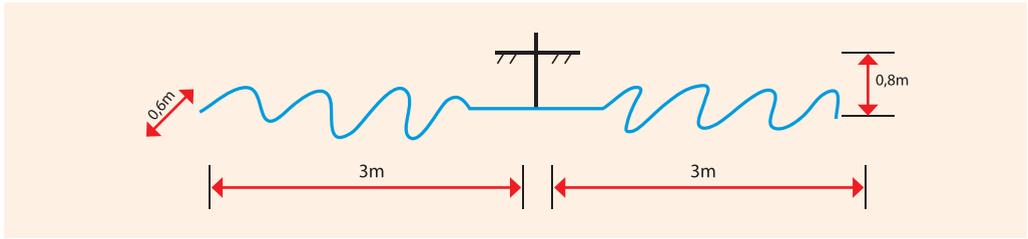


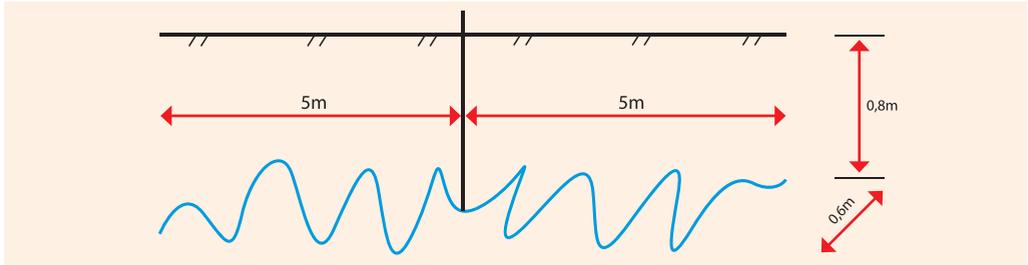
Figura A3.1 – Tensões de contacto e de passo

– *Eléctrodo em serpentina dupla.*



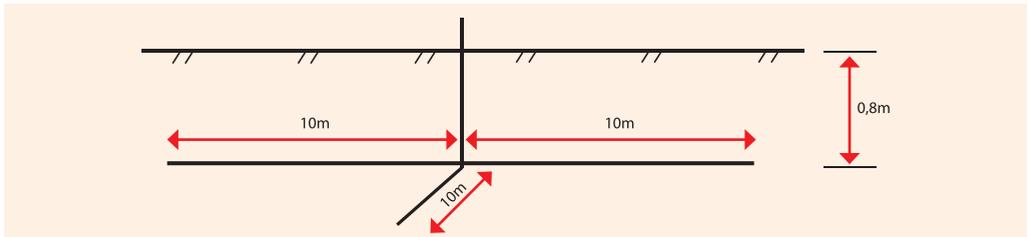
**Figura A3.3** – Eléctrodo em serpentina dupla

– *Eléctrodo em serpentina dupla longa.*



**Figura A3.4** – Eléctrodo em serpentina dupla longa

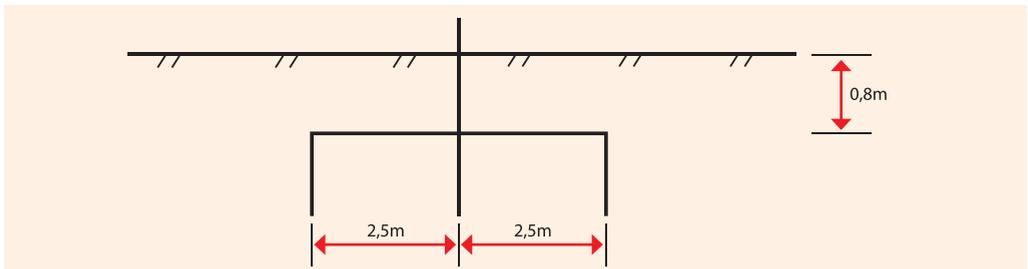
– *Eléctrodo em estrela ou pata-de-ave.*



**Figura A3.5** – Eléctrodo em estrela

– *Eléctrodo com varetas em paralelo.*

As varetas são em aço revestido a cobre com 2 m de comprimento



**Figura A3.6** – Eléctrodo com varetas em paralelo – 3 varetas

## A4.1 INTRODUÇÃO

As normas IEC e EN definem os índices de protecção dos equipamentos contra a penetração de corpos sólidos e de água (índice IP) e contra os impactos mecânicos (índice IK).

## A4.2 ÍNDICE DE PROTEÇÃO DOS EQUIPAMENTOS CONTRA A PENETRAÇÃO DE CORPOS SÓLIDOS E DE ÁGUA

De acordo com as *Normas IEC 60529 e EN 60529*, o índice IP é composto por dois algarismos "X" e "Y", representando respectivamente o grau de protecção contra a penetração contra corpos sólidos e contra a penetração de água. (IP XY).

Os valores são os indicados na tabela A4.1

**Tabela A4.1** – Índice de protecção IP

<b>0</b>	Sem protecção	<b>0</b>	Sem protecção
<b>1</b>	Protegido contra a penetração de corpos sólidos de diâmetro superior a 50 mm	<b>1</b>	Protegido contra quedas verticais de gotas de água (condensação)
<b>2</b>	Protegido contra a penetração de corpos sólidos de diâmetro superior a 12,5 mm	<b>2</b>	Protegido contra quedas verticais de água até 15° da vertical
<b>3</b>	Protegido contra a penetração de corpos sólidos de diâmetro superior a 2,5 mm	<b>3</b>	Protegido contra água da chuva até 60° da vertical
<b>4</b>	Protegido contra a penetração de corpos sólidos de diâmetro superior a 1 mm	<b>4</b>	Protegido contra a projecção de água de todas as direcções
<b>5</b>	Protegido contra a penetração de poeiras	<b>5</b>	Protegido contra a jactos de água de todas as direcções
<b>6</b>	Totalmente protegido contra a penetração de poeiras	<b>6</b>	Protegido contra projecções de água semelhantes a vaga de mar
		<b>7</b>	Protegido contra os efeitos da imersão em água
		<b>8</b>	Protegido contra os efeitos da imersão prolongada em água sob pressão
		<b>9</b>	Protegido contra projecções de água a alta temperatura e pressão

# Distribuição de Energia Eléctrica em Média e Baixa Tensão Manual

2.<sup>a</sup> Edição

MANUEL BOLOTINHA

## Sobre a obra

Esta obra pretende ser uma ferramenta de fácil consulta para os engenheiros e técnicos que se dedicam ao projecto e construção das redes de distribuição de energia eléctrica, apresentando os documentos normativos, as tipologias, as propriedades, os processos construtivos e os equipamentos e respectivas características técnicas dos equipamentos que as compõem: redes de distribuição em média tensão; aéreas e subterrâneas; postos de transformação e seccionamento; redes de distribuição em baixa tensão, aéreas e subterrâneas; redes de iluminação pública.

## Sobre o autor

**Manuel Bolotinha**, MSc, licenciou-se em 1974 em Engenharia Electrotécnica (Ramo de Energia e Sistemas de Potência) no Instituto Superior Técnico – Universidade de Lisboa (IST/UL), onde foi Professor Assistente, e obteve o grau de Mestre em Abril de 2017 em Engenharia Electrotécnica e de Computadores na Faculdade de Ciências e Tecnologia – Universidade Nova de Lisboa (FCT-UNL).

Tem desenvolvido a sua actividade profissional nas áreas do projecto, fiscalização de obras e gestão de contratos de empreitadas designadamente de projectos de geração e transporte de energia, instalações industriais e infra-estruturas de distribuição de energia, aero-portuárias e ferroviárias, não só em Portugal, mas também em África, na Ásia e na América do Sul.

Membro Sénior da Ordem dos Engenheiros, é também Formador Profissional, credenciado pelo IEFP, tendo conduzindo cursos de formação, de cujos manuais é autor, em Portugal, África e Médio Oriente.

É também autor de diversos artigos técnicos publicados em Portugal e no Brasil e de livros técnicos, em português e inglês, e tem proferido palestras na OE, ANEP, FCT-UNL, IST e ISEP.

Parceiro de Comunicação

o electricista 

Também disponível em formato e-book



ISBN: 978-989-892-714-9



9 789898 927149

[www.engebook.pt](http://www.engebook.pt)

**engebook**