



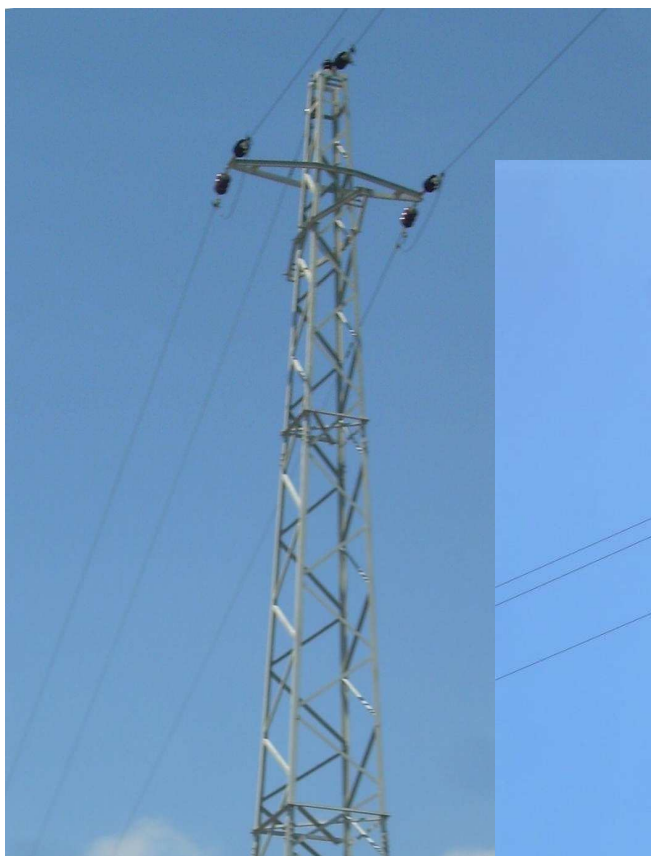
Universidade do Porto

**FEUP** Faculdade de Engenharia

Departamento de Engenharia Electrotécnica e de Computadores

Relatório de estágio curricular

## Projecto de Linhas aéreas e subterrâneas de MT e BT



Bruno Filipe Gomes Silva

Porto, Julho de 2007

FACULDADE DE ENGENHARIA DA UNIVERIDADE DO PORTO

Relatório de estágio curricular

**Projecto de Linhas aéreas e subterrâneas de  
MT e BT**

Bruno Filipe Gomes Silva

Projecto, Seminário ou Trabalho Final do Curso 2006/07

Departamento de Engenharia Electrotécnica e de Computadores

Ramo Sistemas de Energia

Porto, Julho de 2007

## Apresentação do estágio

### Estagiário

Nome: Bruno Filipe Gomes da Silva

Estabelecimento de ensino: Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

Curso: Mestrado Integrado em Engenharia Electrotécnica e de Computadores

Ramo: Sistemas de energia

### Orientador da faculdade

Nome: Professor António Machado e Moura

Estabelecimento de ensino: Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

### Orientador da empresa

Nome: Eng. Fernando Marcos

Departamento de projecto e construção

### Empresa

EDP Distribuição S. A. - Área de Rede de Trás-os-Montes

### Estágio

Título inicial: Projecto de Linhas aéreas e subterrâneas de MT, BT e PT's

Local do estágio: EDP Distribuição - Vila Real

Departamento: Projecto e Construção

Duração: de 12 de Março a 11 de Junho

Descrição resumida dos objectivos iniciais do trabalho a realizar:

- Realização de projectos de Média e Baixa Tensão e Postos de Transformação;
- Acompanhamento de obras no terreno;
- Análise Técnico-económica de projectos.

Contudo não realizei nenhum projecto de Posto de Transformação por não se fazerem no departamento onde estagiei.

## Agradecimentos

Gostaria de revelar os meus sinceros agradecimentos às pessoas e entidades que me acompanharam e proporcionaram a realização deste estágio, nomeadamente:

- À Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto por me permitir a realização deste estágio;
- À empresa EDP Distribuição, por me ter proporcionado a realização deste estágio nas suas instalações;
- Ao Professor António Machado e Moura pela ajuda e disponibilidade;
- Ao Eng. Marcos pelo acolhimento e acompanhamento;
- Ao Director de Área de Rede, Eng. Bexiga Filipe pelo acolhimento e cortesia;
- À Eng. Edite pelo acompanhamento e dedicação;
- Ao Eng. Pericão, e ao Eng. Sérgio por tudo o que me ensinaram;
- Ao Eng. Teixeira Carvalho, o Eng. Amorim, o Eng. Paulo e ao Eng. Antunes pela simpatia;
- Aos fiscais, o Sr. Fidalgo, o Sr. Fazendeiro, o Sr. Pinto Carvalho, o Sr. Hugo pela ajuda que me deram;
- Ao desenhador, o Sr. Pinto pelo humor;
- À Sra. Angelina, à Sra. Conceição à Sra. Idalina e à Sra. Filomena pelo apoio;
- À minha família por sempre me ter acompanhado.

A simpatia e disponibilidade de todas as pessoas com quem me relacionei na empresa onde estagiei que me proporcionaram uma boa integração.

O meu muito obrigado.

## Resumo

O presente relatório é o trabalho final de conclusão do estágio inserido no âmbito da disciplina: Projecto, Seminário ou Trabalho Final do Curso.

No conteúdo deste relatório são apresentados alguns dos conhecimentos que foram adquiridos ao longo de alguns anos de aprendizagem com mais intensidade nos três meses de estágio.

O estágio tem como objectivo a integração do estagiário no mundo do trabalho, o que obriga o estagiário a assumir responsabilidades, a aplicar os conhecimentos teóricos em situações práticas, desenvolver capacidades de decisão e superar desafios propostos.

## Índice

1	Introdução.....	9
2	Área de rede Trás-os-Montes .....	10
2.1	Localização geográfica.....	10
3	Regulamentação .....	11
3.1	Distâncias regulamentares.....	11
3.2	Pressão dinâmica do vento .....	12
3.3	Coefficiente de forma para os condutores .....	12
3.4	Coefficiente de redução .....	12
3.5	Acção do gelo.....	12
4	Informação sobre .....	13
4.1	Travessas .....	13
4.2	Força do vento sobre os acessórios .....	14
4.3	Altura útil dos apoios .....	14
4.4	Esforços máximos .....	15
4.5	Tensões máximas de serviço .....	16
4.6	Condutores utilizados .....	17
4.7	Isoladores .....	17
4.7.1	Tipo de isoladores .....	17
4.7.2	Composição da cadeia.....	19
4.7.3	Fixação dos condutores a isoladores rígidos.....	20
4.8	Acessórios para junções e derivações .....	22
4.8.1	Junções/Uniões.....	22
4.8.1	Derivações/Ligadores.....	24
4.9	Ligações à terra .....	28
4.9.1	Apoios de betão.....	28
4.9.2	Apoios metálicos.....	30
4.10	Seccionador .....	31
4.10.1	Tipos de seccionador.....	31
5	Considerações.....	32
6	Software utilizado.....	34
7	Trabalhos realizados.....	35
7.1	Projecto linha aérea Águas Trás-os-Montes e Alto Douro.....	35
7.2	Projecto de linha aérea Quinta da Romaneira-Escritório .....	37
7.2.1	Dimensionamento dos apoios .....	38
7.2.2	Flechas e catenárias.....	42
7.2.3	Distância entre condutores .....	48
7.3	Projecto de linha aérea PT Canedo – Escola.....	49
7.4	Projecto linha aérea PT Elsa Reis Carvalho dos Santos.....	51
7.5	Projecto de linha MT subterrânea Quinta da Fraga.....	52
7.5.1	Disposições regulamentares .....	53
7.6	Projecto de BT (IP) .....	54
7.7	Em DM.....	57
8	Conclusão .....	58
9	Referências .....	59
9.1	Bibliografia.....	59
9.2	Apontamentos.....	59
9.3	World Wide Web .....	59
10	Lista de anexos .....	60

## Índice de figuras e tabelas

Figura 1 – Área de Rede Trás-Os-Montes .....	10
Figura 2 – Cadeias de suspensão.....	17
Figura 3 – Cadeias de amarração descendentes .....	18
Figura 4 – Cadeias de amarração ascendente .....	18
Figura 5 – Fixação de condutores a isoladores rígidos através de filaças .....	21
Figura 6 – Junções .....	22
Figura 7 – Local ideal para colocação de uma união .....	24
Figura 8 – Ligadores .....	25
Figura 9 – Derivação e travessa colocada a 90 graus para continuação da linha .....	27
Figura 10 – Derivação com travessa colocada a 45 graus .....	27
Figura 11 – Ligação à terra das armaduras dos apoios de betão .....	28
Figura 12 – Ligação do apoio de betão à terra .....	29
Figura 13 – Ligação do apoio metálico à terra .....	30
Figura 14 – Seccionador horizontal .....	31
Figura 15 – Seccionador vertical .....	31
Figura 16 – Representação gráfica das condições a que o apoio está sujeito .....	38
Figura 17 – Árvore de decisão .....	43
Figura 18 – Condições a que os condutores estão sujeitos nas travessas .....	50
Figura 19 – Perfil transversal de vala tipo para linha MT subterrânea .....	53

Tabela 1 – Pressão dinâmica do vento .....	12
Tabela 2 – Coeficiente de forma para os condutores .....	12
Tabela 3 – Detalhes travessas .....	13
Tabela 4 – Força do vento sobre os acessórios.....	14
Tabela 5 – Alturas apoios metálicos .....	14
Tabela 6 – Alturas apoios de betão .....	14
Tabela 7 – Esforços máximos dos apoios metálicos .....	15
Tabela 8 – Esforços máximos dos apoios de betão no 1º escalão .....	15
Tabela 9 – Esforços máximos dos apoios de betão no 1º escalão .....	16
Tabela 10 – Tensões máximas de serviço .....	16
Tabela 11 – Detalhes dos condutores utilizados .....	17
Tabela 12 – Tensões suportáveis pelos isoladores normais .....	19
Tabela 13 – Tensões suportáveis pelos isoladores reforçados .....	19
Tabela 14 – Isoladores utilizados para 15 kV .....	19
Tabela 15 – Isoladores utilizados para 30 kV .....	20
Tabela 16 – Filaças tradicionais .....	20
Tabela 17 – Tipos de ligadores .....	24
Tabela 18 – Coeficiente de compressibilidade para vários tipos de terreno .....	32
Tabela 19 – Características da linha e do apoio .....	38
Tabela 20 – Tensões de montagem do primeiro vão para diferentes temperaturas .....	44
Tabela 21 – Tensões de montagem do segundo vão para diferentes temperaturas .....	45
Tabela 22 – Tensões de montagem do terceiro vão para diferentes temperaturas .....	47
Tabela 23 – Excerto da tabela 3 sobre detalhes das travessas .....	50
Tabela 24 – Valores das resistências a 20°C e 50°C .....	55
Tabela 25 – Calibre de fusíveis e corrente de c.c. ....	55
Tabela 26 – Distâncias máximas .....	56



## Lista de abreviaturas

<b>FEUP</b>	Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto
<b>ARTM</b>	Área de Rede de Trás-os-Montes
<b>TMPC</b>	Departamento de Projecto e Construção de Trás-os-Montes
<b>RSLEAT</b>	Regulamento de Segurança de Linhas de Alta Tensão
<b>DGE</b>	Direcção Geral de Energia
<b>EDP</b>	Energias de Portugal
<b>AT</b>	Alta Tensão
<b>MT</b>	Média Tensão
<b>BT</b>	Baixa Tensão
<b>IP</b>	Iluminação Pública
<b>PT</b>	Posto de Transformação
<b>TET</b>	Trabalhos em Tensão
<b>DM</b>	Design Manager
<b>SIT</b>	Sistema de Informação Técnica

# 1 Introdução

Para além dos objectivos propostos do estágio, para mim era também objectivo obter conhecimentos práticos e obter sensibilidade de como as coisas se fazem e se processam na prática assim como ter melhor percepção do mundo do trabalho na área de projecto.

Obtive conhecimentos variados com a familiarização de documentação, reutilização, conceitos específicos, custos e planeamento.

Neste relatório são referidas algumas regulamentações provenientes do RSLEAT, informação sobre material usado em linhas aéreas MT e apresentados alguns trabalhos realizados ao longo do estágio. Alguns desses trabalhos realizados puramente para fim académico, outros realizados com o objectivo de serem licenciados e posterior construção.

O trabalho desenvolvido incidu fortemente na componente do projecto de linhas aéreas de média tensão.

## 2 Área de rede Trás-os-Montes

### 2.1 Localização geográfica



Figura 1 - Área de Rede Trás-Os-Montes

## 3 Regulamentação

### 3.1 Distâncias regulamentares

Ao solo:  $D \geq 6 + 0,005 \cdot U$  , (recomenda-se 7,0 metros)

Às árvores:  $D \geq 2 + 0,0075 \cdot U$  , (não inferior a 2,5 e recomenda-se 3,0 metros)

Aos edifícios:  $D \geq 3 + 0,0075 \cdot U$  , (não inferior a 4,0 metros)

A obstáculos diversos:  $D \geq 2 + 0,0075 \cdot U$  , (não inferior a 3,0 m)

Entre condutores:  $D \geq 0,75 \cdot k \cdot \sqrt{f + d_{iso}} + \frac{U}{200}$  , (em metros)

Aos apoios:  $D \geq 0,1 + 0,0065 \cdot U$  (para condutores nus em repouso)

$D \geq 0,0065 \cdot U$  (para condutores nus desviados pelo vento)

$D$  não inferior a 0,15 metros

Às outras linhas:  $D \geq 1,5 + 0,01 \cdot U + 0,005 \cdot L$  , (em metros)

$L$ - distância entre o ponto de cruzamento e o apoio mais próximo da linha existente.

Distâncias de acordo com os artigos 27º, 28º, 29º, 30º, 31º, 33º e 109º, respectivamente.

Significado das variáveis:

$f$  - flecha máxima dos condutores em metros;

$d_{iso}$  - comprimento das cadeias de isoladores ( $d_{iso} = 0$  para isoladores rígidos ou cadeias de amarração);

$U$  - valor da tensão nominal da linha em kV;

$k$  - coeficiente dependente da natureza dos condutores, cujo valor é:

- 0,6 para condutores de cobre, bronze, aço e alumínio-aço;
- 0,7 para condutores de alumínio e ligas de alumínio.

### 3.2 Pressão dinâmica do vento

Na tabela 1 encontram-se os valores da pressão do vento, segundo o artigo 13º do RSLEAT.

Pressão dinâmica do vento [Pa]			
Altura acima do Solo (m)	Escalão	Vento reduzido ( $v_r$ )	Vento máximo habitual ( $v_{mh}$ )
Até 30	1º	300	750
De 30 a 50	2º	360	900
Acima de 50	3º	420	1050

Tabela 1 - Pressão dinâmica do vento

### 3.3 Coeficiente de forma para os condutores

Coeficiente de forma para os condutores segundo o artigo 15º do RSLEAT.

Coeficiente de forma para os condutores			
diâmetro (mm)			c
	$d \leq$	12,5	1,2
12,5	$< d \leq$	15,8	1,1
	$d >$	15,8	1,0

Tabela 2 - Coeficiente de forma para os condutores

### 3.4 Coeficiente de redução

De acordo com o artigo 14º do RSLEAT. os coeficientes de redução para condutores, apoios, travessas e isoladores são os seguintes:

- Coeficiente de redução para os condutores: 0,6
- Apoios, travessas e isoladores: 1

### 3.5 Acção do gelo

De acordo com o artigo 16º do RSLEAT., a manga do gelo a considerar no cálculo dos condutores e dos cabos de guarda das linhas aéreas deverá ter uma espessura uniforme, de pelo menos, 10 mm e uma densidade de 0,9.

## 4 Informação sobre

### 4.1 Travessas

Tipo	Comprimento (m)	Comprimento / 2 (m)	Distâncias (m)	
			Ao topo	Topo - Lateral
<b>Postes Metálicos</b>				
<b>P</b>	1,75	0,88	1,30	1,57
<b>N</b>	2,20	1,10	1,60	1,94
<b>M</b>	2,70	1,35	1,90	2,33
<b>G</b>	3,20	1,60	2,20	2,72
<b>G1</b>	3,70	1,85	2,50	3,11
<b>G2</b>	4,20	2,10	2,80	3,50
<b>G3</b>	4,70	2,35	3,10	3,89
<b>G4</b>	5,20	2,60	3,40	4,28
<b>EI</b>	2,20	1,10	1,23	1,65
<b>EII</b>	2,20	1,10	1,23	1,65
<b>EII29</b>	2,20	1,10	1,23	1,65
<b>RI</b>	2,20	1,10	1,20 / 2,00	1,63 / 2,28
<b>RII</b>	2,20	1,10	1,20 / 2,00	1,63 / 2,28
<b>Postes de Betão</b>				
<b>HRFSC</b>	<b>Esteira Horizontal</b>			
<b>80 / 100 / 120</b>	1,77	0,89	1,18	-
<b>HPT4</b>	1,77	0,89	0,30	-
<b>TAN</b>	<b>Triângulo de Base Horizontal</b>			
<b>60 / 120</b>	1,77	0,89	1,25	1,53
<b>GAN</b>	<b>Galhardete</b>			
<b>60 / 120</b>	1,77	0,89	2,00	0,50 (*)
	<b>Esteira Vertical</b>			
<b>VAN</b>	-	-	0,88	0,12 (*)
<b>VRF / VFL</b>	-	-	1,00	0,25 (*)

Tabela 3 – Detalhes travessas

(\*) – Distância entre o topo do apoio e o ponto de fixação do condutor superior.

## 4.2 Força do vento sobre os acessórios

Acessório	Força (daN)	
	15 kV	30 kV
Rígido simples	1,80	3,25
Rígido duplo	2,70	4,80
Amarração ou suspensão simples	2,50	3,75
Amarração ou suspensão dupla	3,75	5,62
Seccionador sem travessa	100,00	120,00
Seccionador com travessa	105,00	125,00
Seccionador + Travessa + Caixas	120,00	140,00
Transformador + Seccionador	150,00	200,00
Bolas de sinalização	10,00	10,00

Tabela 4 – Força do vento sobre os acessórios

## 4.3 Altura útil dos apoios

### Apoios metálicos

Postes Metálicos RS9 a RS31	
Altura Total	Altura Útil
13,70	11,70
15,40	13,40
17,40	15,40
19,40	17,40
21,00	19,00
23,00	20,75
25,00	22,75
26,60 a	24,10
26,60 b	24,35
28,60	26,10
30,60	28,10
32,10	29,60
34,10	31,60

a – RS9 e RS15  
b – RS22 e RS31

Tabela 5 – Alturas apoios metálicos

### Apoios de betão

Postes de Betão	
Altura Total	Altura Útil
12,00	10,20
14,00	12,20
16,00	14,00
18,00	16,00
20,00	18,00
22,00	19,80
24,00	21,80

Tabela 6 – Alturas apoios de betão

## 4.4 Esforços máximos

### Apoios metálicos

Tipo	Apoios Metálicos - Esforços Máximos (daN)			
	Horizontal		Vertical	
	1º Escalão	2º Escalão	1º Escalão	2º Escalão
RS9	950	900	650	
RS15	1500	1400	500	
RS22	2200	2155	1150	
RS31	3100	2995	1835	

Tabela 7 – Esforços máximos dos apoios metálicos

### Apoios de betão 1º escalão

Betão 1º Escalão	Esforço posição 1 ( --> I ) [daN]												Esforço posição 2	
	14 m		16 m		18 m		20 m		22 m		24 m		( --> H ) [daN]	
Tipo de apoio	y	x	y	x	y	x	y	x	y	x	y	x	y	x
MP00.400	198	109	147	81	91	50	-	-	-	-	-	-	400	220
MP00.600	-	-	334	178	276	147	212	113	142	76	-	-	600	320
MP01.800	558	293	499	262	435	228	365	192	290	152	-	-	800	420
MP02.1000	-	-	665	346	596	310	522	271	441	230	-	-	1.000	520
MP02.1200	882	412	808	377	727	339	639	298	546	255	445	208	1.200	560
MP03.1400	-	-	970	451	-	-	-	-	692	321	-	-	1.400	650
MP04.1600	1.219	564	1.133	524	1.042	482	-	-	839	388	-	-	1.600	740
MM04.2250	1.775	789	1.674	744	1.565	695	-	-	-	-	-	-	2.250	1.000
MM06.2750	2.256	1.066	2.153	1.018	2.043	966	1.928	911	1.806	854	-	-	2.750	1.300
MM08.3500	-	-	2.804	1.282	2.680	1.225	-	-	2.411	1.102	-	-	3.500	1.600

Tabela 8 – Esforços máximos dos apoios de betão no 1º escalão



## Apoios de betão 2º escalão

Betão 2º Escalão	Esforço posição 1 ( --> I ) [daN]												Esforço posição 2	
	14 m		16 m		18 m		20 m		22 m		24 m		( --> H ) [daN]	
	y	x	y	x	y	x	y	x	y	x	y	x	y	x
<b>MP00.400</b>	134	74	68	37	-	-	-	-	-	-	-	-	366	201
<b>MP00.600</b>	-	-	323	172	253	135	176	94	93	50	-	-	566	302
<b>MP01.800</b>	484	254	408	214	324	170	234	123	136	72	-	-	762	400
<b>MP02.1000</b>	-	-	565	294	475	247	378	196	274	142	-	-	959	499
<b>MP02.1200</b>	791	369	696	325	591	276	479	224	359	167	230	107	1.159	541
<b>MP03.1400</b>	-	-	848	394	-	-	-	-	490	228	-	-	1.356	630
<b>MP04.1600</b>	1.110	513	1.001	463	883	408	-	-	623	288	-	-	1.356	630
<b>MM04.2250</b>	1.648	733	1.519	675	1.381	614	-	-	-	-	-	-	2.203	979
<b>MM06.2750</b>	2.120	1.002	1.988	940	1.849	874	1.701	804	1.545	730	-	-	2.697	1.275
<b>MM08.3500</b>	-	-	2.615	1.195	2.456	1.123	-	-	2.114	966	-	-	3.440	1.573

Tabela 9 – Esforços máximos dos apoios de betão no 1º escalão

## 4.5 Tensões máximas de serviço

Tipo de condutor	Secção nominal (mm <sup>2</sup> )	Tensões máximas de serviço (daN/mm <sup>2</sup> )
<b>Cobre</b>	16	12 – 14
<b>Alumínio - Aço</b>	30	8 – 9 – 10 – 11
	40	8 – 9 – 10 – 11
	50	7 – 8 – 9 – 10
	90	7 – 8 – 9
	160	7 – 8 – 9
<b>Ligas de alumínio</b>	20	8 – 9 – 10
	35	8 – 9 – 10
	55	8 – 9 – 10
	75	8 – 9 – 10

Tabela 10 – Tensões máximas de serviço

## 4.6 Condutores utilizados

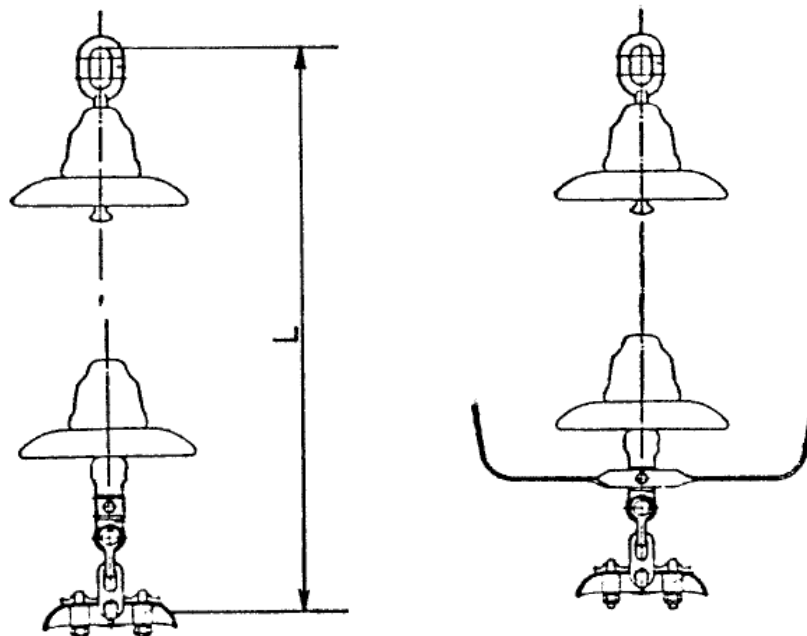
Designação	Secção	Diâmetro	Peso específico linear	Módulo de Young	Coefficiente de dilatação linear
	$\sigma$ (mm <sup>2</sup> )	d (mm)	p (kg/m)	E (kg/mm <sup>2</sup> )	a (°C <sup>-1</sup> )
<b>CU16</b>	15,89	5,10	0,144	10500	0,0000170
<b>CU25</b>	23,13	6,54	0,237	10500	0,0000170
<b>AA40</b>	40,67	8,16	0,142	8100	0,0000190
<b>AA50</b>	49,48	9,00	0,173	8100	0,0000190
<b>AA90</b>	87,97	12,00	0,306	8100	0,0000190

Tabela 11 – Detalhes dos condutores utilizados

## 4.7 Isoladores

### 4.7.1 Tipo de isoladores

- Cadeias de suspensão



**S** – Suspensão simples ou

**SR** – Suspensão com isolamento reforçado

**SH** – Suspensão com haste

Figura 2 – Cadeias de suspensão

- Cadeias de amarração descendentes

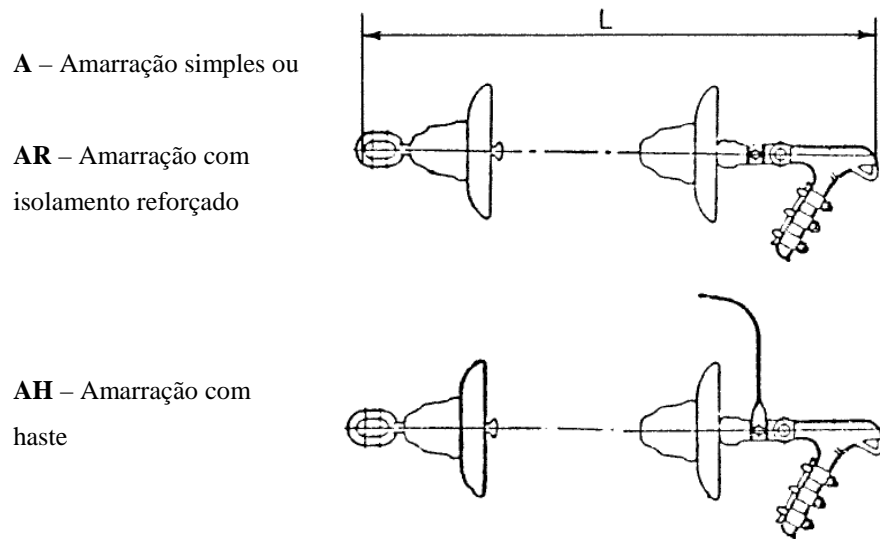


Figura 3 – Cadeias de amarração descendentes

- Cadeias de amarração ascendentes

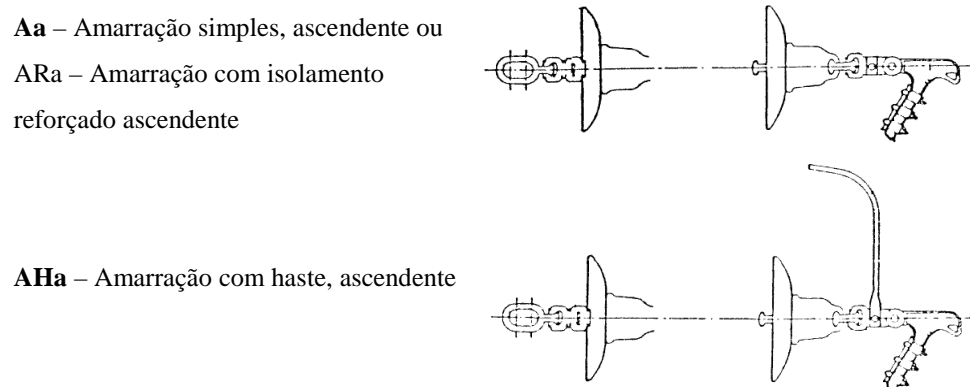


Figura 4 – Cadeias de amarração ascendente

Os valores das tensões suportáveis de um isolador estão relacionados com o comprimento da sua linha de fuga, uma vez que tanto aqueles valores como este comprimento dependem das dimensões do isolador. Daí que o comprimento da linha de fuga, imposto para satisfazer determinado valor de linha de fuga específica, condicione os valores das tensões suportáveis.

Este facto, a prática tradicionalmente seguida no nosso País de sobredimensionar o isolamento das linhas aéreas de distribuição e ainda, no que respeita às linhas de 15 kV, o ter sido considerado conveniente optar por um nível de isolamento que permitisse

a eventualidade de, futuramente, se explorar a rede à tensão de 20 kV, levaram a adoptar para os isoladores que equipam os apoios de vãos comuns (isolamento normal) os valores das tensões suportáveis da tabela 12.

Tensão nominal da rede (kV <sub>ef.</sub> )	Tensão suportável	
	a 50 Hz sob chuva (kV <sub>ef.</sub> )	ao choque atmosférico (kV <sub>crista</sub> )
15	55	125
30	85	200

Tabela 12 – Tensões suportáveis pelos isoladores normais

Os isoladores que equipam os apoios de travessia, de cruzamento e nas situações de vizinhança (isolamento reforçado) devem satisfazer os valores das tensões suportáveis da tabela 13.

Tensão nominal da rede (kV <sub>ef.</sub> )	Tensão suportável	
	a 50 Hz sob chuva (kV <sub>ef.</sub> )	ao choque atmosférico (kV <sub>crista</sub> )
15	70	170
30	102,5	250

Tabela 13 – Tensões suportáveis pelos isoladores reforçados

Estes valores satisfazem a disposição regulamentar que impõe um isolamento, nestes apoios, superior pelo menos 20% ao isolamento dos apoios de vãos comuns.

#### 4.7.2 Composição da cadeia

Tipo de cadeia	15 kV	
	Composição da cadeia	Em apoios com isolamento
Suspensão	2 x AAB 304	Normal
	2 x AAB 1404	
	3 x AAB 304	Reforçado
	3 x AAB 1404	
Amarração	2 x AAB 304	Normal
	2 x AAB 1404	
	3 x AAB 304	Reforçado
	3 x AAB 1404	
	2 x ACS 25	Normal
	3 x ACS 25	Reforçado

Tabela 14 – Isoladores utilizados para 15 kV

30 kV		
Tipo de cadeia	Composição da cadeia	Em apoios com isolamento
Suspensão	3 x AAB 1404	Normal
	4 x AAB 1404	Reforçado
		Normal
	3 x ACS 25	Reforçado
		Normal
4 x ACS 25	Reforçado	
Amarração	3 x AAB 1404	Normal
	2 x ACS 25	
	4 x AAB 1404	Reforçado
		Normal
	3 x ACS 25	Reforçado
		Normal
4 x ACS 25	Reforçado	

Tabela 15 – Isoladores utilizados para 30 kV

O isolador actualmente mais aplicado no TMPC é o AAB1404.

Embora nem sempre usado, a filosofia é aplicar isoladores de vidro, porque enquanto os isoladores de porcelana podem conter defeito e não ser visível a olho nu, o isolador de vidro estilhaça-se e é fácil detectar a avaria.

#### 4.7.3 Fixação dos condutores a isoladores rígidos

##### - Filaças tradicionais

Material dos condutores	Material da filaça	Gama de secções dos condutores (mm <sup>2</sup> )			Número de espiras mínimo em cada extremidade
		Diâmetro das filaças (mm)			
Cobre	Filaça em cobre recozido	16 a 25	35 a 50	> 50	6
		2,5	4	a)	
Al-Aço ou ligas de alumínio	Filaça em alumínio macio	30 a 50	70	> 70	6
		4	6	a)	

Tabela 16 – Filaças tradicionais

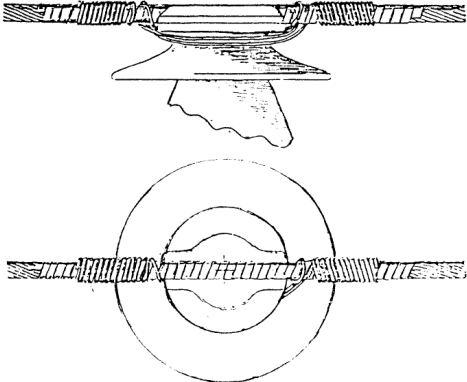
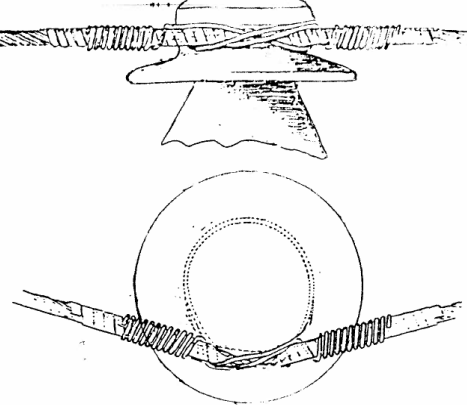
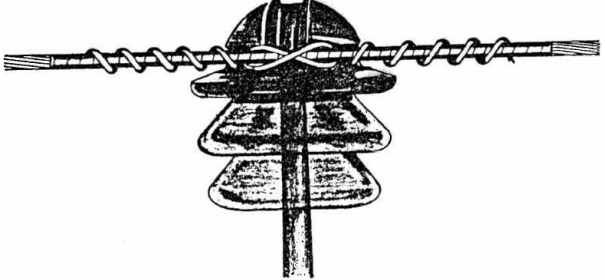
a) Não aconselhável a utilização de isoladores rígidos para estas secções.

- Filaças executadas em tensão (Filaças TET)

As filaças TET são aquelas que as equipas especializadas em trabalhos em tensão executam quando trabalham em tensão, à distância.

- Filaças pré-formadas

As filaças pré-formadas são acessórios fabricados para determinados condutores e isoladores. Os pré-formados em  $\Omega$  destinam-se às situações em que se pretende fixar o condutor à gola do isolador.

Filaça tradicional para condutor na reigada	
Filaça tradicional para condutor na gola	
Filaças executadas em tensão (Filaças TET)	

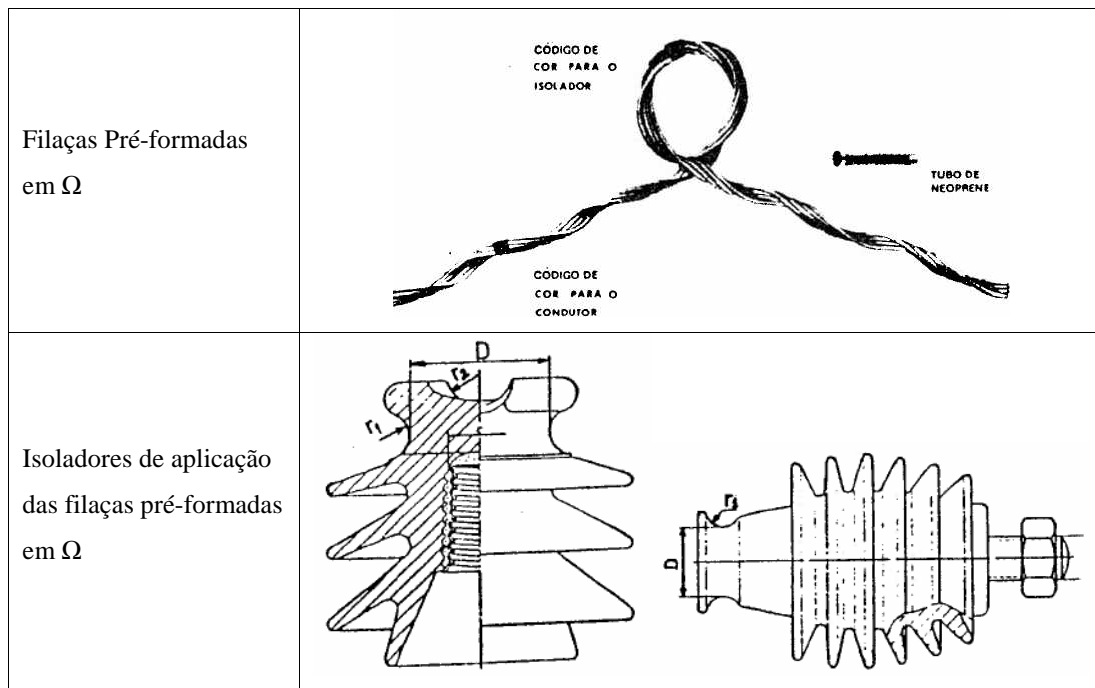


Figura 5 – Fixação de condutores a isoladores rígidos através de filaças

## 4.8 Acessórios para junções e derivações

### 4.8.1 Junções/Uniões

Na construção de linhas torna-se necessário fazer junções entre diversos troços de condutores, o mesmo sucedendo na execução de modificações e na reparação de avarias.

#### - Exemplos de junções

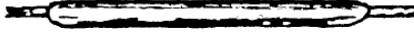

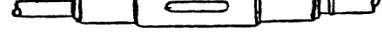
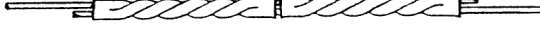

<p>com união por compressão</p>	 <p style="text-align: center;">UC</p>
<p>com união por estiragem</p>	 <p style="text-align: center;">UE</p>
<p>com união por aperto cónico</p>	 <p style="text-align: center;">UK</p>
<p>com união por torsão</p>	 <p style="text-align: center;">UT</p>
<p>com união por pré-formada</p>	 <p style="text-align: center;">UF</p>

Figura 6 – Junções

As uniões para realizar junções de condutores devem garantir um grau de fiabilidade pelo menos igual ao dos condutores que nelas se associam.

A fiabilidade das uniões depende primordialmente da qualidade de selecção das matérias-primas, da concepção, do fabrico e também das condições de montagem.

Assim, as uniões devem possuir as seguintes características:

- assegurar a repartição satisfatória da corrente eléctrica na zona de contacto com condutores;
- não aumentar a resistência eléctrica dos elementos do circuito nas quais são inseridas, em comparação com a resistência do condutor de referência;
- resistir a uma força de rotura pelo menos igual à força de rotura dos condutores;
- não ser afectadas pelas oscilações e pelas vibrações dos condutores;
- ser estável às variações de tensão mecânica;
- suportar sem alterações as variações de temperatura;
- resistir à corrosão.

#### - Escolha do posicionamento das junções

Quando da construção de uma linha aérea, ou mesmo em alguns projectos, a localização das junções deve ser cuidada, não devendo as uniões ser colocadas muito próximas dos apoios, pois ficariam sujeitas a esforços de vibrações muito acentuados, fazendo assim perigar a sua durabilidade.

Sempre que possível, as uniões devem ser colocadas nas pontes entre cadeias de amarração.



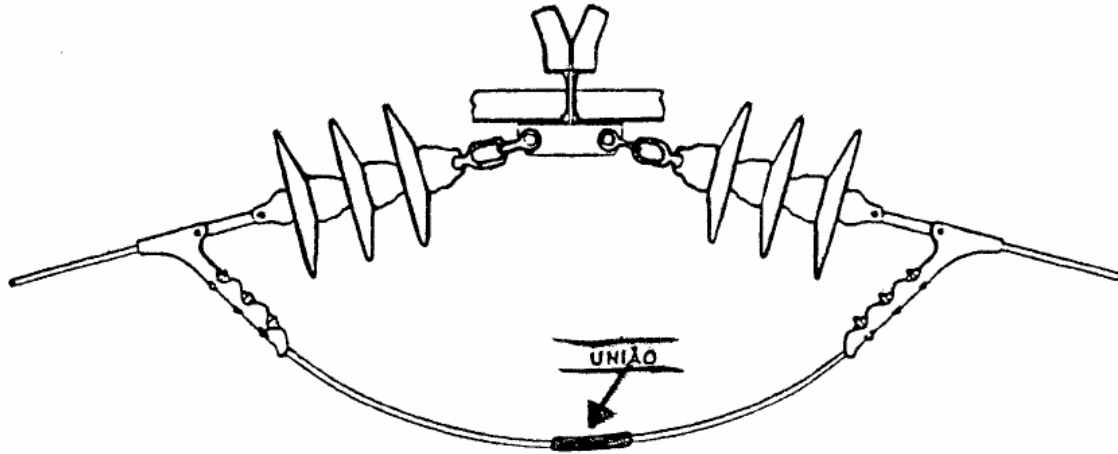


Figura 7 – Local ideal para colocação de uma união

#### 4.8.1 Derivações/Ligadores

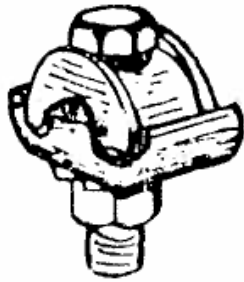
No estabelecimento de linhas aéreas são normalmente utilizados ligadores para se realizar derivações. Derivações de linhas, derivações para ligação de aparelhos.

##### - Tipos de ligadores

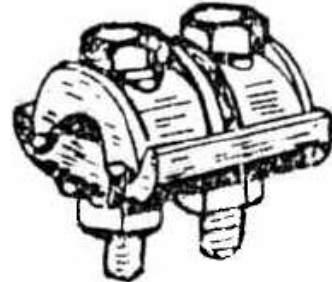
Tipos de ligadores				Código
<b>De aperto simultâneo</b>	Paralelo	Aperto por parafusos	1 parafuso	A1
			2 parafusos	A2
			3 parafusos	A3
		Aperto por estribos	1 estribo	B1
			2 estribos	B2
De compressão			C1	
<b>De aperto não simultâneo</b>	De cunha			D1
	De dois corpos	com estribos		E1
		com estribos e placa		E2
		com maxilas		E3
	De anel	de corpos fixos		F1
		com bico móvel		F2

Tabela 17 – Tipos de ligadores

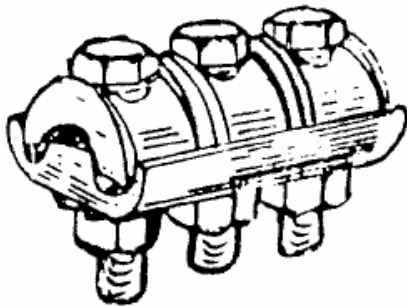
A1



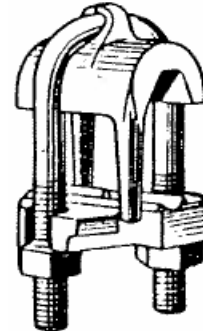
A2



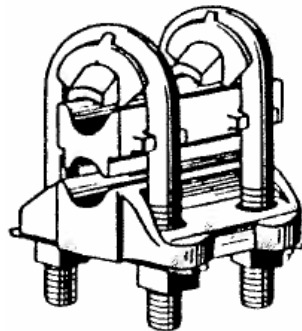
A3



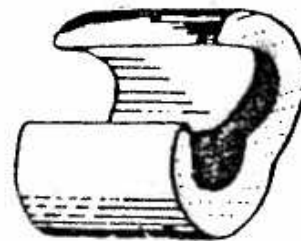
B1



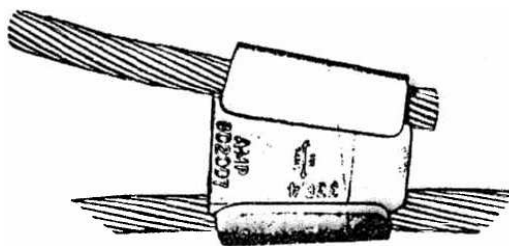
B2



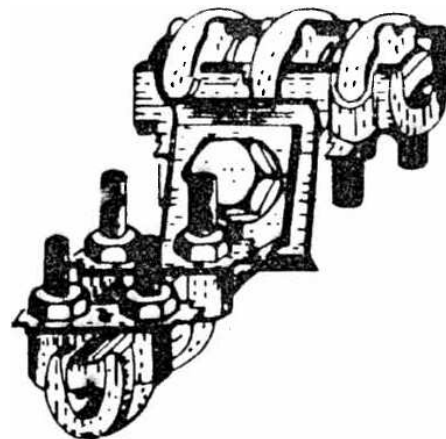
C1



D1



E1



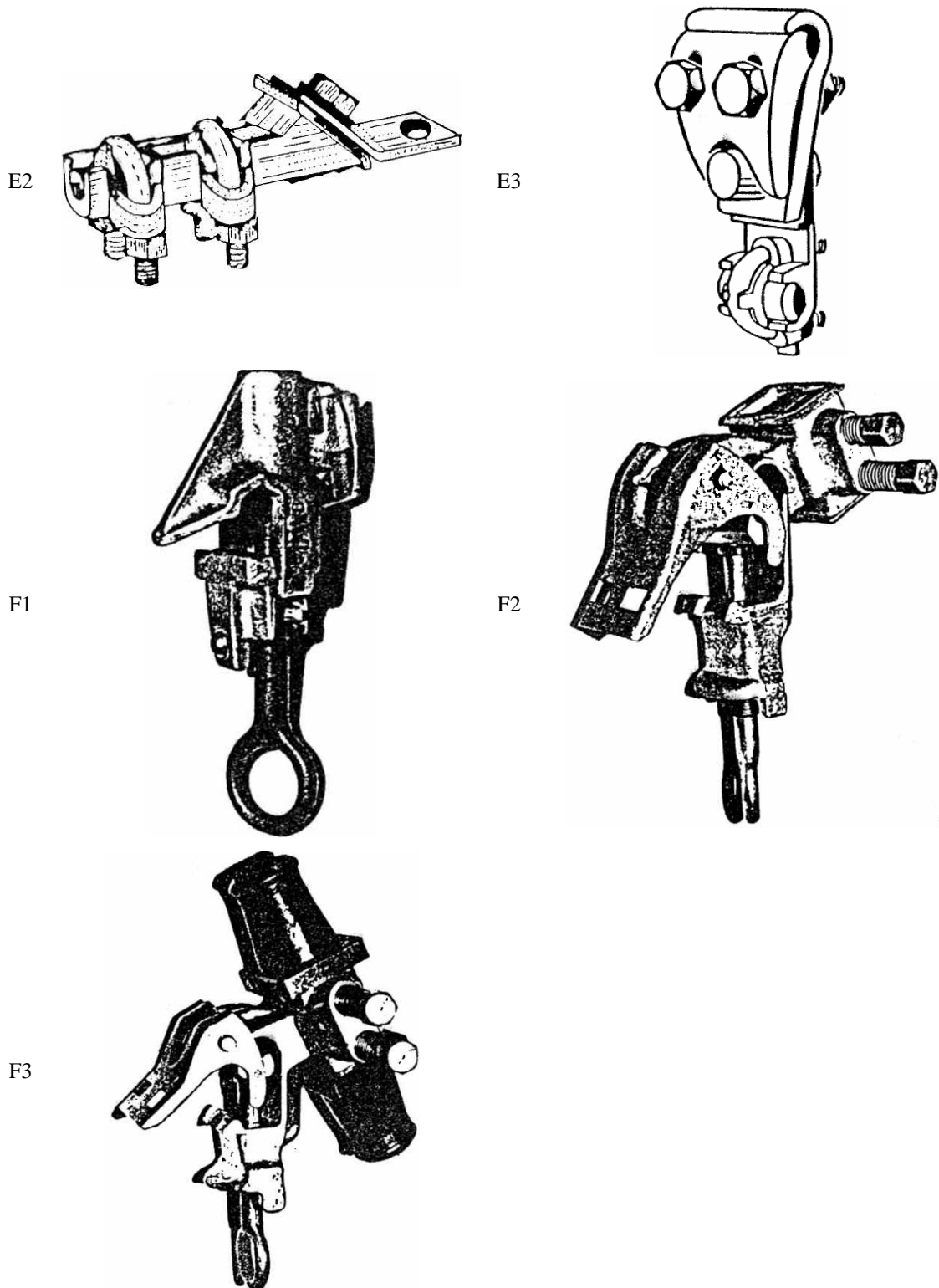


Figura 8 - Ligadores

- Exemplos de derivações



Figura 9 – Derivação e travessa colocada a 90 graus para continuação da linha

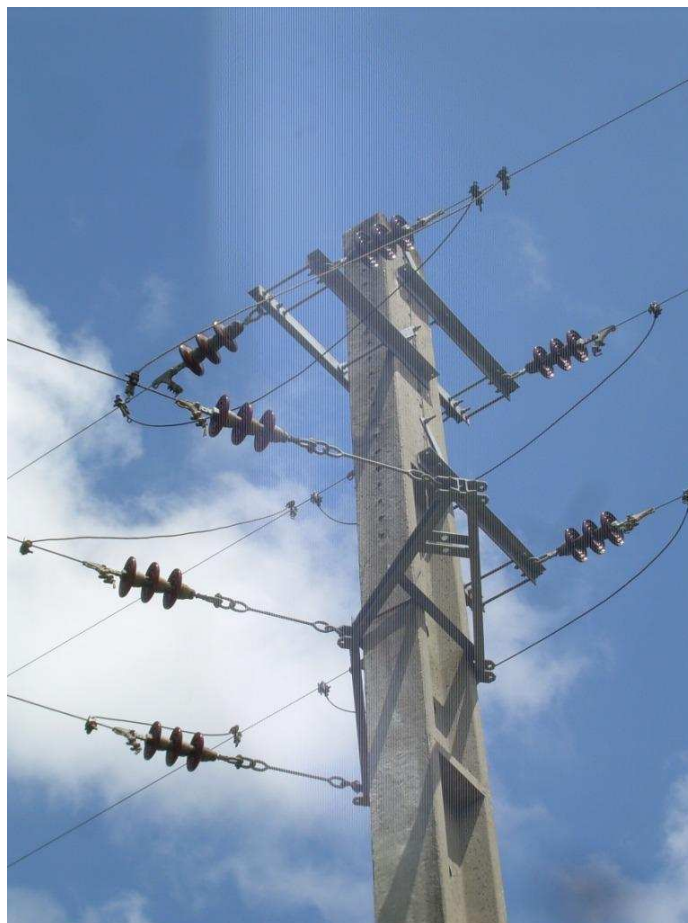


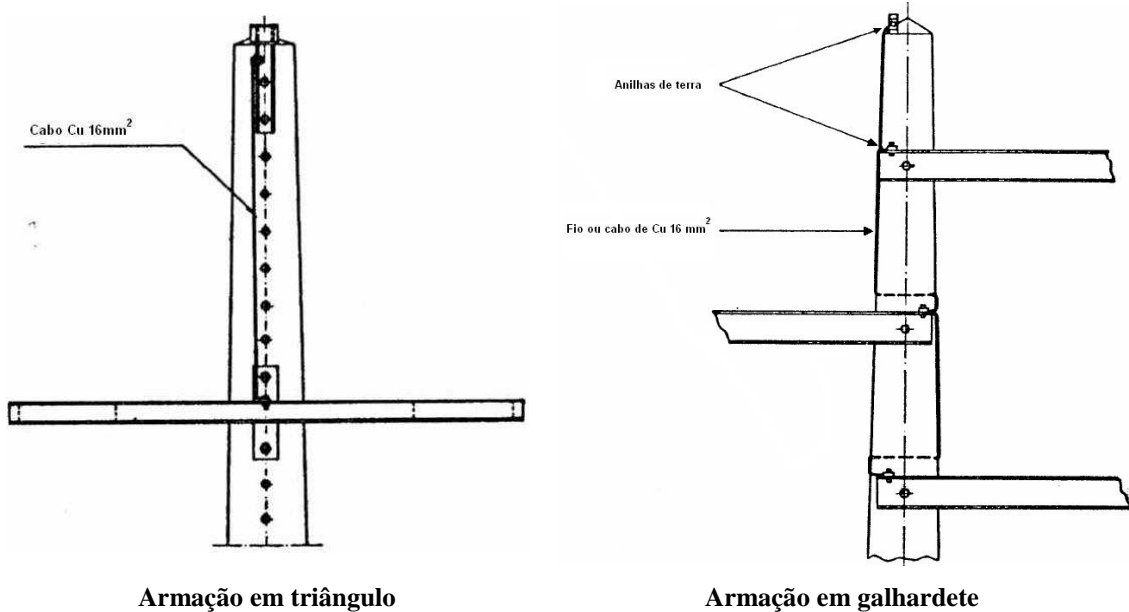
Figura 10 – Derivação com travessa colocada a 45 graus

## 4.9 Ligações à terra

### 4.9.1 Apoios de betão

#### - Ligação das armações

Exemplo de ligação das armações ao circuito de terra



Armação em triângulo

Armação em galhardete

Figura 11 – Ligação à terra das armaduras dos apoios de betão

#### - Ligação do apoio à terra

Exemplo de ligação à terra de apoio de betão dotado de maciço

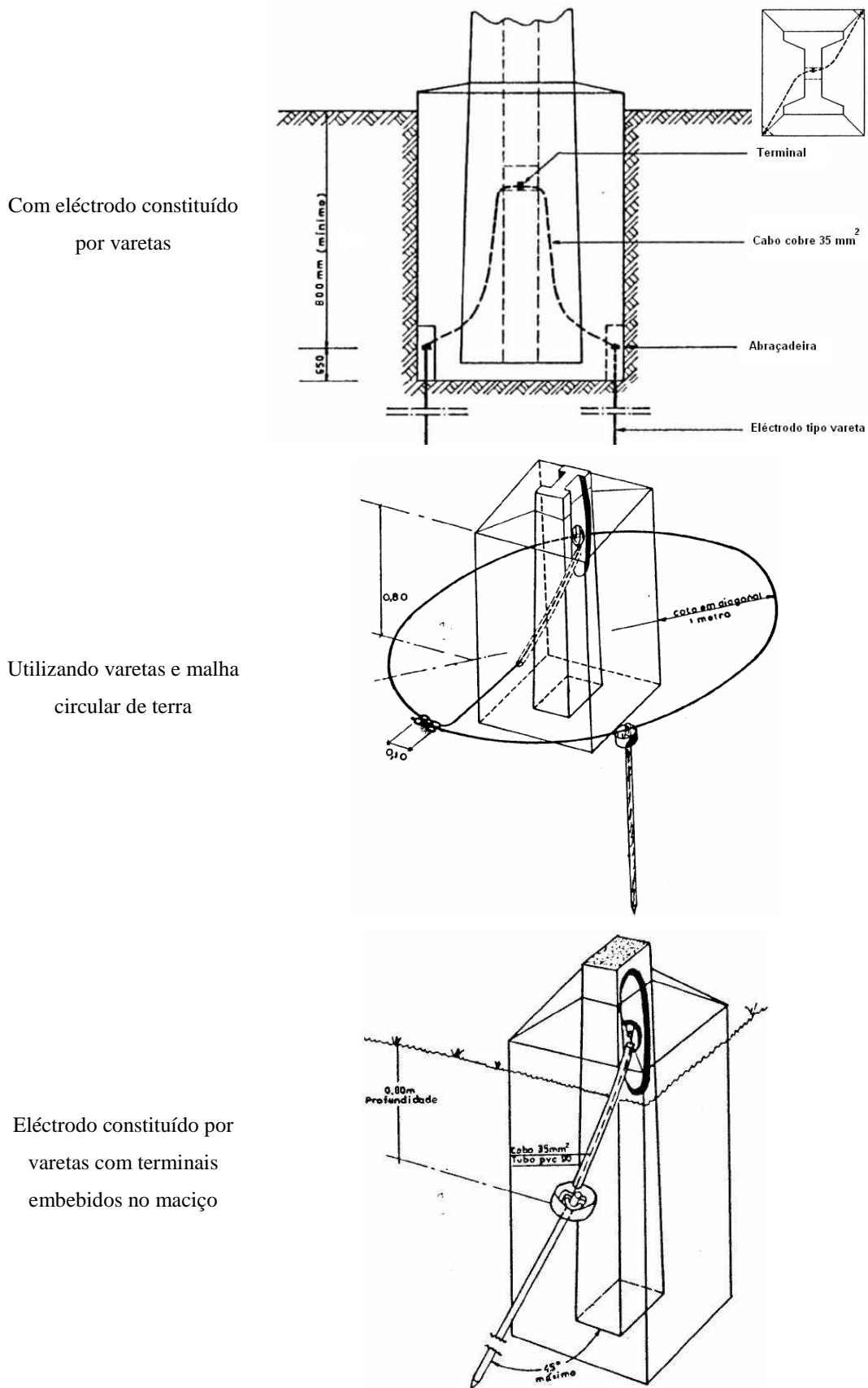


Figura 12 – Ligação do apoio de betão à terra



## 4.9.2 Apoios metálicos

### - Ligação do apoio à terra

Pormenor da ligação do circuito de terra num apoio metálico com maciço

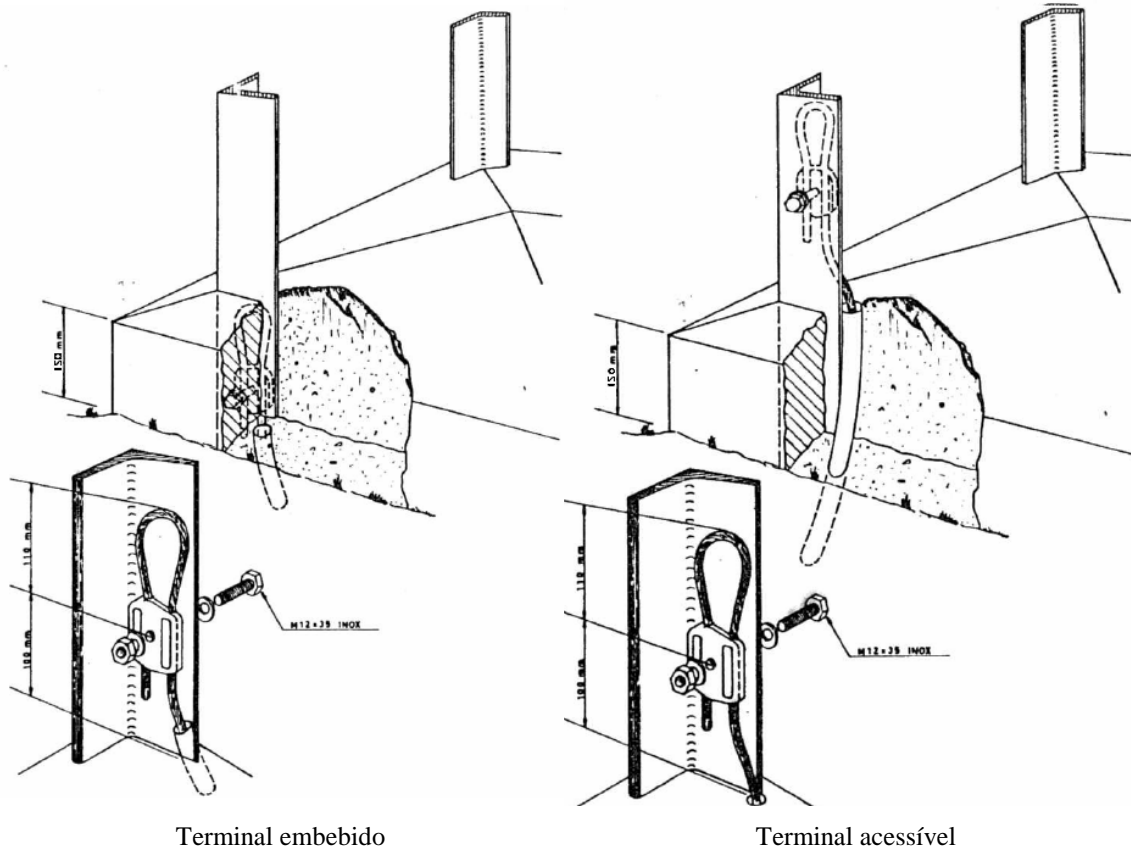


Figura 13 – Ligação do apoio metálico à terra

## 4.10 Seccionador

### 4.10.1 Tipos de seccionador

- Seccionador horizontal



Figura 14 – Seccionador horizontal

- Seccionador vertical

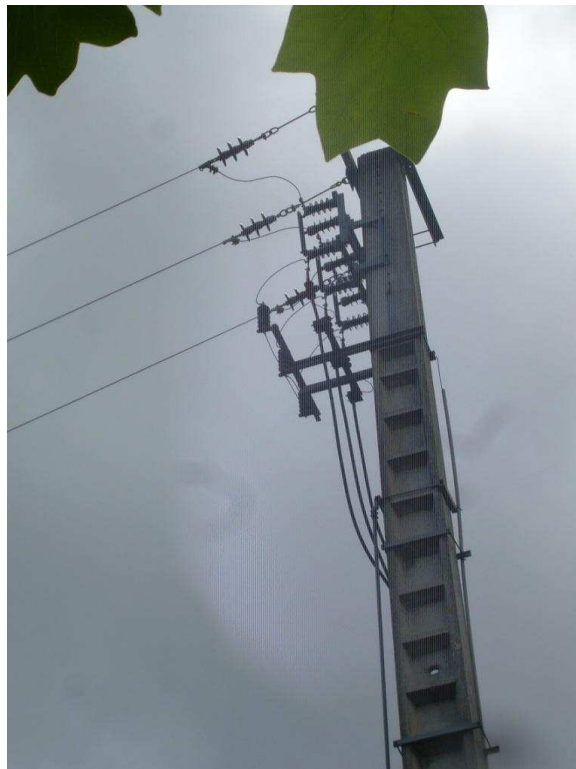


Figura 15 – Seccionador vertical



## 5 Considerações

No TMPC não são efectuados cálculos eléctricos das linhas. Assim como também não são feitos cálculos para dimensionar os maciços dos apoios. Os maciços dos apoios são dimensionados de fábrica para os esforços nominais do apoio, de acordo com o local onde vão ser aplicados, segundo a tabela 18.

Tipo de terreno		Coefficiente de compressibilidade a 2 metros de profundidade (daN.cm <sup>2</sup> )
Lodo, Turfa e terreno pantanoso em geral		0
Areia fina e média, até 1 mm de diâmetro de grão		6 a 8
Areia grossa até 3 mm de diâmetro de grão com pelo menos 1/3 do volume de calhau rolado com 70 mm de diâmetro		8 a 10
Terreno coerente (barro, argila):	muito mole	0
	mole facilmente amassável	2 a 4
	consistente dificilmente amassável	5 a 7
	médio	8
	rijo	9

Tabela 18 – Coeficiente de compressibilidade para vários tipos de terreno

Nos tempos que correm, sendo o condutor de alumínio economicamente melhor que o cobre, é utilizado o condutor de alumínio com alma de aço. Por defeito é utilizado o condutor alumínio-aço 50 mm<sup>2</sup> para redes aéreas, contendo seis fios de alumínio e um de aço no centro; e cabos LXHIOV 120mm<sup>2</sup> monoplares para redes subterrâneas.

Tem as suas vantagens e as suas desvantagens. Uma desvantagem é que normalmente fica sobredimensionado, ficando dinheiro enterrado ou colocado no ar; outra é a maior dificuldade em manusear o condutor quando não é necessário uma secção tão grande. Uma vantagem é que se futuramente a potência da linha necessitar de aumentar consideravelmente, pode não ser necessário a substituição do condutor, poupando mão-de-obra e dinheiro, outra vantagem é que, com a aplicação de secções maiores as perdas são menores.

Na maioria dos projectos aplica-se vento de 2º escalão para apoios inferiores a 30 metros, como factor de segurança.

É considerado zona de gelo acima dos 700 metros de cota, embora em alguns projectos se considere gelo com cota inferior, nomeadamente quando é zona de nevoeiro frequente.

No projecto de uma linha aérea, normalmente toma-se em atenção e tenta-se, sempre que possível, colocar os apoios no extremo de terrenos, para evitar o estrago de cultivo; perto de caminhos públicos com fáceis acessos, principalmente quando são apoios com seccionador.

## 6 Software utilizado

- Dois ficheiros de Excel pré-programados: um para cálculo dos esforços aplicados ao apoio através da inserção das condições a que está sujeito e escolha do apoio; outro para o cálculo da flecha, o parâmetro da catenária e a distância mínima entre condutores.

- Programa D.M. (Design Manager) e S.I.T. (Sistema de Informação Técnica). Estes programas permitem visualizar toda a rede eléctrica nacional de média e alta tensão, obter informação acerca de linhas (embora sempre actualizada), visualizar obras a decorrer na rede, etc.

Eu apenas utilizei o D.M. porque este é que se destina ao projecto. Mencionei o S.I.T. porque irei falar nele mais à frente, mas este programa destina-se a colocar na rede eléctrica nacional linhas e instalações que já se encontrem em exploração.

## 7 Trabalhos realizados

### 7.1 Projecto linha aérea Águas Trás-os-Montes e Alto Douro

O projecto da linha a 15 kV das águas de Trás-os-Montes e Alto Douro válvula motorizada número 5, localizado na freguesia de Sapiãos concelho de Boticas, foi o primeiro projecto semi-manual que fiz e se encontra no anexo A Decidi chamar-lhe semi-manual, porque embora seja feito manualmente no perfil; para os cálculos dos esforços aplicados aos apoios assim como para o valor das flechas foram usados ficheiros de Excel pré-programados.

Foi feito um estudo no terreno para analisar qual a linha a passar mais perto do local onde se pretende instalar o novo PT, seguindo-se a escolha do melhor traçado, consultando os proprietários se autorizam a passagem da linha e posterior negociação com estes valores de indemnizações devido ao espaço ocupado pelos apoios e possível destruição de algumas videiras e/ou abate de árvores, etc.

Seguindo-se um levantamento topográfico do traçado escolhido, tendo sido posteriormente enviado em formato digital um ficheiro em Auto CAD, às instalações da EDP.

Para se saber os esforços e as condições a que estava sujeito o apoio de derivação, foi procurado o processo de licenciamento correspondente a esse ramal, ramal do PT de Vilarinho de Samardã. Normalmente o ramal tem o mesmo nome que o PT ao qual se destina a alimentar quando é construído, podendo entretanto surgir várias derivações nesse ramal.

Nos processos mais antigos a informação necessária para o efeito vem na memória descritiva e justificativa e no perfil, nos mais recentes a informação pretendida vem toda no perfil da linha. Trata-se de ver quais as características do apoio assim como a sua orientação e o ângulo se for o caso; o condutor usado assim como a tensão a que está sujeito e o comprimento dos vãos.

Constata-se que o apoio de derivação é um RS9 de 17,4 metros de altura total em alinhamento, contendo uma travessa do tipo “P”. O condutor usado na linha principal foi alumínio-aço 40, com tensão máxima de 11 daN/mm<sup>2</sup> com os vãos de comprimentos de 121 e 111 metros. Na memória descritiva é referido gelo com 10 mm,

embora a cota máxima dessa linha seja de 580 metros. O projecto que vai derivar dessa linha tem cota máxima de 555 metros, contudo optei por manter a mesma espessura de gelo, 10 mm, como factor de segurança.

Na linha existente é usado vento de 2º escalão em apoios de 17 metros, portanto utilizei o mesmo escalão, mesmo não aplicando apoios com mais de 30 metros.

Com os valores retirados do processo e colocados no ficheiro pré-programado do Excel, calcula-se qual a tensão máxima que se pode aplicar no condutor a derivar, estando condicionado normalmente a um vão pequeno, como se pode verificar no perfil do anexo A.

O condutor a aplicar na derivação é alumínio-aço 50, condicionado a uma tensão máxima de  $3 \text{ daN/mm}^2$  com um vão de 76 metros.

Os cálculos dos esforços aplicados ao apoio de derivação encontram-se no anexo A.

De notar que normalmente as derivações são efectuadas em esteira horizontal, o que no caso de apoios de betão limita também a distância do primeiro vão devido à distância mínima entre condutores. A travessa de derivação é colocada um metro abaixo da travessa existente.

No segundo ficheiro Excel foram calculadas as flechas, o parâmetro das catenárias a utilizar e a distância mínima entre os condutores, que se encontram também no anexo A.

Como não existiam catenárias para todos os parâmetros, foi usada a catenária com o parâmetro imediatamente inferior.

A partir do primeiro vão foi usada tensão máxima de  $10 \text{ daN/mm}^2$  à excepção do último que foi usada  $6 \text{ daN/mm}^2$ .

Os cálculos dos restantes apoios, das flechas, catenárias e distâncias mínimas de segurança encontram-se no anexo A.

## 7.2 Projecto de linha aérea Quinta da Romaneira-Escritório

O projecto da linha a 30 kV da Quinta da Romaneira – Escritório localizado numa zona sem gelo no concelho de Alijó é um projecto pequeno que foi feito por mim em D.M. e que o fiz também manualmente para ter uma melhor noção dos cálculos que estão envolvidos no dimensionamento de uma linha aérea MT.

Este projecto tem algumas particularidades. Uma delas é o perfil. Foi feito o levantamento topográfico que nos dá o traçado da linha e o perfil do terreno. O ficheiro enviado em Auto CAD como normalmente, mas devido a problemas no ficheiro não se conseguiu fazer a importação para o programa D.M. No entanto o programa tem um sistema de coordenadas militares do exército, que nos mostra de uma maneira aproximada o perfil do terreno. Comparando os dois perfis, sobrepondo-os, reparou-se que não faziam muita diferença, como é possível verificar no anexo B.

Outra particularidade é o facto de a derivação ser feita em triângulo, o que normalmente não acontece, mas como a linha principal faz um ângulo de 110 graus e a linha de derivação um ângulo de 192 graus em relação ao vão a montante, propicia a este tipo de derivação.

Nos dois projectos (DM e manual), há duas diferenças; o comprimento de dois vãos de cerca de 20 metros e a aplicação de apoios diferentes no apoio número 2.

Neste projecto vão ser usados apoios metálicos devido ao difícil acesso, à excepção do apoio do PT.

Os cálculos do dimensionamento dos apoios, das flechas, das catenárias e das distâncias mínimas de segurança, encontram-se a seguir.

Foi feita também a memória descritiva e justificativa que se encontra com um formato padronizado e que são bastante simples como se pode ver no anexo B.

## 7.2.1 Dimensionamento dos apoios

### - Características

**Linha principal:**  $U_n = 30 \text{ kV}$   
3 condutores Al-Aço  $50 \text{ mm}^2$  dispostos em triângulo  
 $T_{m\acute{a}x} = 9(\text{daN} / \text{mm}^2)$   
Comprimento do vão a montante: 264 m (200,0 gr)  
Comprimento do vão a jusante: 240 m (310,0 gr)

**Linha derivação:** 3 condutores Al-Aço  $50 \text{ mm}^2$  saída em triângulo  
 $T_{m\acute{a}x} = 9(\text{daN} / \text{mm}^2)$   
Comprimento do vão: 51 m (392,0 gr)

**Apoio de derivação:** RS 31 de 28,6 metros

Tabela 19 – Características da linha e do apoio

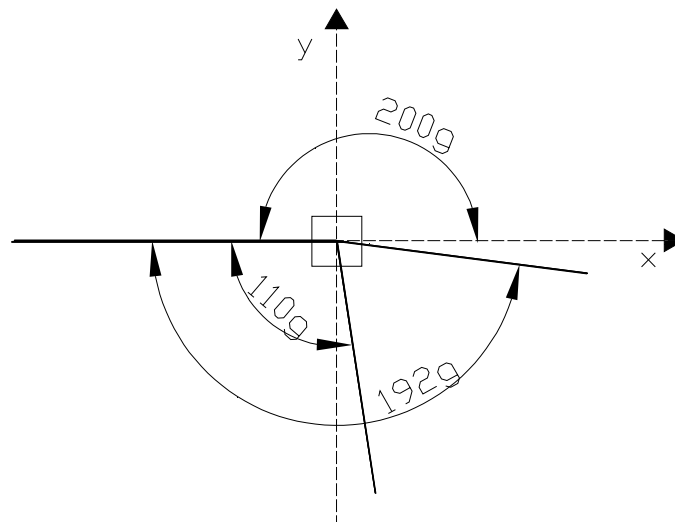


Figura 16 – Representação gráfica das condições a que o apoio está sujeito

- Formulário

Fórmulas usadas

$$F_{tx} = \sum_{i=1}^n |N \cdot S \cdot T \cdot \cos(\theta)|$$

$$F_{ty} = \sum_{i=1}^n |N \cdot S \cdot T \cdot \sin(\theta)|$$

$$F_{vx} = \sum_{j=1}^n \left( N \cdot \alpha \cdot c \cdot q \cdot \frac{L}{2} \cdot d \cdot \sin^2(\theta) \right) + i \cdot F_{iso}$$

$$F_{vy} = \sum_{j=1}^n \left( N \cdot \alpha \cdot c \cdot q \cdot \frac{L}{2} \cdot d \cdot \cos^2(\theta) \right) + i \cdot F_{iso}$$

$$F_t = F_{tx} + F_{ty}$$

$$F_v = \max(F_{vx}, F_{vy})$$

$$F_T = F_t + F_v$$

Significado das letras usadas

$F$  – força aplicada (N)

$n$  – número total que vãos ligados ao apoio

$N$  – número de condutores

$S$  – secção do condutor ( $\text{mm}^2$ )

$T$  – tensão máxima aplicada ( $\text{N}/\text{mm}^2$ )

$\alpha$  – coeficiente de redução

$c$  – coeficiente de forma

$q$  – pressão dinâmica do vento (Pa)

$L$  – comprimento do vão (m)

$d$  – diâmetro do condutor (m)

$\theta$  – ângulo entre o eixo positivo dos xx e o vão

$i$  – número de isoladores

$F_{iso}$  – força do vento aplicada ao isolador (N)

- Cálculo do apoio de derivação

$$F_{tx} = | 3 \times 49,48 \times 90 \times \cos 200,0 \text{ gr} + 3 \times 49,48 \times 90 \times \cos 310,0 \text{ gr} + 3 \times 49,48 \times 90 \times \cos 392,0 \text{ gr} | = 1984 \text{ (N)}$$

$$F_{ty} = | 3 \times 49,48 \times 90 \times \sin 200,0 \text{ gr} + 3 \times 49,48 \times 90 \times \sin 310,0 \text{ gr} + 3 \times 49,48 \times 90 \times \sin 392,0 \text{ gr} | = 14870 \text{ (N)}$$

$$F_{vx} = 3 \times 0,6 \times 1,2 \times 900 \times 264/2 \times 0,009 \times \sin^2 200,0 \text{ gr} + 3 \times 0,6 \times 1,2 \times 900 \times 240/2 \times 0,009 \times \sin^2 310,0 \text{ gr} + 3 \times 0,6 \times 1,2 \times 900 \times 51/2 \times 0,009 \times \sin^2 392,0 \text{ gr} + 9 \times 37,5 = 2393 \text{ (N)}$$



$$F_{vy} = 3 \times 0,6 \times 1,2 \times 900 \times 264/2 \times 0,009 \times \cos^2 200,0 \text{ gr} + \\ 3 \times 0,6 \times 1,2 \times 900 \times 240/2 \times 0,009 \times \cos^2 310,0 \text{ gr} + 3 \times \\ 0,6 \times 1,2 \times 900 \times 51/2 \times 0,009 \times \cos^2 392,0 \text{ gr} + 9 \times 37,5 \\ = 3137 \text{ (N)}$$

$$F_t = F_{tx} + F_{ty} = 16854 \text{ (N)}$$

$$F_v = \text{máx} (F_{vx}, F_{vy}) = 3137 \text{ (N)}$$

$$F_T = F_t + F_v = 19991 \text{ (N)} = \mathbf{1999 \text{ (daN)}}$$

As condições para o apoio tornaram-se mais favoráveis, e assim sendo, era de esperar que o apoio existente, RS 31, fosse capaz de suportar o esforço aplicado. Tal se verificou, que o apoio imediatamente inferior, RS 22, era suficiente, visto que suporta 2155 daN de esforço à cabeça com vento de 2º escalão.

#### - Cálculo do apoio número 1

$$F_{tx} = 0 \text{ (N)}$$

$$F_{ty} = 0 \text{ (N)}$$

$$F_{vx} = 230 \text{ (N)}$$

$$F_{vy} = 3300 \text{ (N)}$$

$$F_t = F_{tx} + F_{ty} = 0 \text{ (N)}$$

$$F_v = \text{máx} (F_{vx}, F_{vy}) = 3300 \text{ (N)}$$

$$F_T = F_t + F_v = 3300 \text{ (N)} = \mathbf{330 \text{ (daN)}}$$

O apoio mínimo capaz de suportar este esforço é o apoio metálico RS9, a aplicar com 17,4 metros de altura total.

- Cálculo do apoio número 2

$$F_{tx} = 4450 \text{ (N)}$$

$$F_{ty} = 0 \text{ (N)}$$

$$F_{vx} = 230 \text{ (N)}$$

$$F_{vy} = 3420 \text{ (N)}$$

$$F_t = F_{tx} + F_{ty} = 4450 \text{ (N)}$$

$$F_v = \text{máx} (F_{vx}, F_{vy}) = 3420 \text{ (N)}$$

$$F_T = F_t + F_v = 7870 \text{ (N)} = \mathbf{787 \text{ (daN)}}$$

O apoio mínimo capaz de suportar este esforço é o apoio metálico RS9, a aplicar com 15,4 metros de altura total.

- Cálculo do apoio do PT

$$F_{tx} = 8910 \text{ (N)}$$

$$F_{ty} = 0 \text{ (N)}$$

$$F_{vx} = 2110 \text{ (N)}$$

$$F_{vy} = 2670 \text{ (N)}$$

Apoio fim de linha (vento perpendicular à linha):



$$F_x = F_{tx} = 8910 \text{ (N)} = 891 \text{ (daN)}$$

$$F_y = F_{ty} + F_{vy} = 2670 \text{ (N)} = \mathbf{267 \text{ (daN)}}$$

O apoio mínimo capaz de suportar este esforço é o apoio de betão MM04 / 2250 a aplicar com 14 metros de altura total.

No cálculo deste apoio teve-se em atenção a força do vento sobre o transformador e o seccionador.

O tipo de apoio usado para PT é o TP4 que suporta o mesmo esforço que o MM04 / 2250, mas tem a furacão própria para o transformador.

## 7.2.2 Flechas e catenárias

### - Formulário e tensões de montagem do primeiro vão

#### Estado Inverno (1)

$$d_{cond} = 9 \text{ (mm)}$$

$$d_1 = d_{cond} + 2 \cdot d_{gelo} = 9 \text{ (mm)}$$

$$c_1 = 1$$

$$\alpha = 0,6$$

$$v_r = 36 \text{ (daN/m}^2\text{)}$$

$$f_{v1} = \frac{\alpha \cdot c_1 \cdot v_r \cdot d_1}{1000} = 0,233$$

$$p = 0,173 \text{ (Kg/mm)}$$

$$w_g = 920 \text{ (Kg/m}^3\text{)}$$

$$f_{i1} = \sqrt{\left[ \frac{p + w_g \cdot \pi}{4} \cdot \left[ \left( \frac{d_1}{1000} \right)^2 - \left( \frac{d}{1000} \right)^2 \right] \right]^2 + f_{v1}^2} = 0,290$$

$$m_1 = \frac{f_{i1}}{p} = 1,68$$

$$\theta_1 = -5^\circ \text{ C ( sem gelo )}$$

#### Estado Primavera (2)

$$d_2 = d_{cond} = 9 \text{ (mm)}$$

$$c_2 = 1,2$$

$$\alpha = 0,6$$

$$v_{mh} = 90 \text{ (daN/m}^2\text{)}$$

$$f_{v2} = \frac{\alpha \cdot c_2 \cdot v_{mh} \cdot d_2}{1000} = 0,583$$

$$p = 0,173 \text{ (Kg/mm)}$$

$$f_{i2} = \sqrt{p^2 + f_{v2}^2} = 0,608$$

$$m_2 = \frac{f_{i2}}{p} = 3,52$$

$$\theta_2 = 15^\circ \text{ C}$$

Analisando a árvore de decisão, figura 17, para determinar qual o estado mais desfavorável, observa-se como  $m_2 > m_1$ , que é necessário calcular o vão crítico.

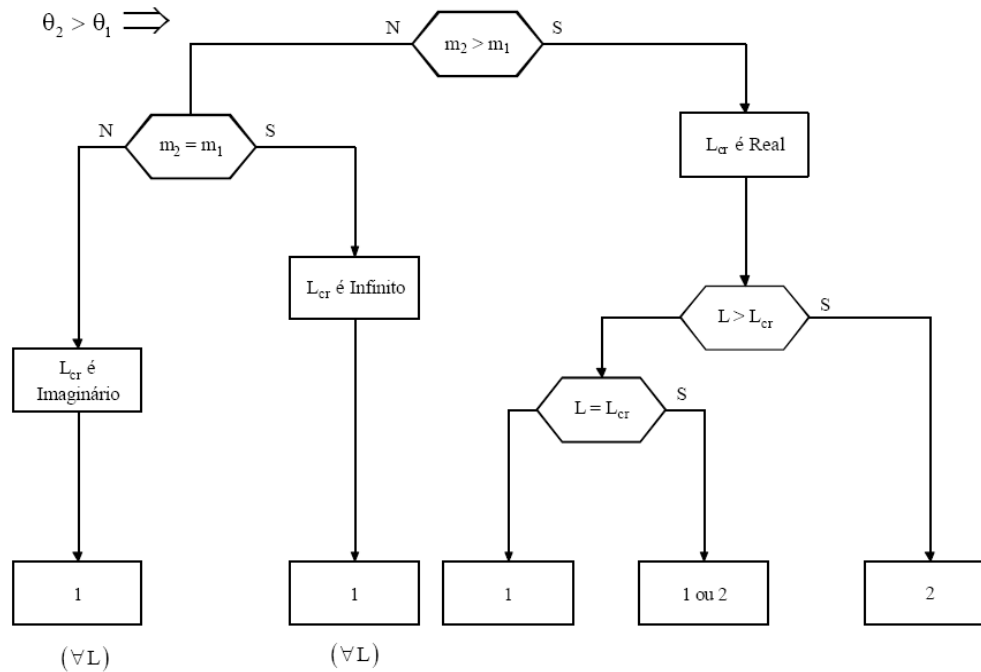


Figura 17 – Árvore de decisão

$$T_{m\acute{a}x} = 9 \text{ (daN/mm}^2\text{)}$$

$$\sigma = 49,48 \text{ (mm}^2\text{)}$$

$$a = 0,000019 \text{ (}^\circ\text{C}^{-1}\text{)}$$

$$L = 51 \text{ (m)}$$

$$L_{cr} = \sigma \cdot \frac{T_{m\acute{a}x}}{p} \cdot \sqrt{24 \cdot a \cdot \left( \frac{\theta_2 - \theta_1}{m_2 - m_1} \right)} = 79,5 \text{ (m)}$$

O vão tem 51 metros,  $\Rightarrow L_{crit} > L$ , analisando uma vez mais a árvore de decisão, observa-se que o estado mais desfavorável é o Inverno, logo os coeficientes e valores a considerar são:  $m_1 = 1,68$  e  $\theta_1 = -5$ .

$$k_1 = (\theta_{mont} - \theta_1) \cdot \alpha \cdot E - T_{m\acute{a}x} + \frac{m_1^2 \cdot p^2 \cdot L^2 \cdot E}{24 \cdot T_{m\acute{a}x}^2 \cdot \sigma^2}$$

Valores de  $k_1$  para os vários valores de temperaturas de montagem:

$\theta_{mont}$	-5	0	5	10	15	30	50
$k_1$	-8,627	-7,857	-7,088	-6,318	-5,549	-3,240	-0,1621

$$k_2 = \frac{p^2 \cdot L^2 \cdot E}{24 \cdot \sigma^2} = 10,731$$

Para calcular as tensões de montagem, de acordo com a temperatura de montagem usa-se um processo iterativo. Para iniciar o processo de iteração foi usada a tensão máxima, neste caso,  $t_0 = 9$  (daN/mm<sup>2</sup>).

$$t_i = t_{i-1} - \frac{t_{i-1}^3 + k_1 \cdot t_{i-1}^2 - k_2}{3 \cdot t_{i-1}^2 + 2 \cdot k_1 \cdot t_{i-1}}$$

$\theta_{mont}$	-5	0	5	10	15	30	50
$t_1$	8,778	8,194	7,751	7,403	7,122	6,532	6,063
$t_2$	8,766	8,030	7,337	6,715	6,177	5,018	4,159
$t_3$	8,766	8,024	7,290	6,573	5,889	4,227	3,004
$t_4$	8,766	8,024	7,290	6,567	5,861	3,964	2,432
$t_5$	8,766	8,024	7,290	6,567	5,861	3,934	2,273
$t_6$	8,766	8,024	7,290	6,567	5,861	3,934	2,261
$t_7$	8,766	8,024	7,290	6,567	5,861	3,934	2,261
$t_8$	8,766	8,024	7,290	6,567	5,861	3,934	2,261
$t_9$	8,766	8,024	7,290	6,567	5,861	3,934	2,261
$t_{10}$	<b>8,766</b>	<b>8,024</b>	<b>7,290</b>	<b>6,567</b>	<b>5,861</b>	<b>3,934</b>	<b>2,261</b>

Tabela 20 – Tensões de montagem do primeiro vão para diferentes temperaturas

### - Cálculo da flecha e catenária do primeiro vão

Flecha máxima para as várias temperaturas de montagem:

$$f = \frac{p \cdot L^2}{8 \cdot \sigma \cdot t_{10}}$$

$\theta_{mont}$ (°C)	-5	0	5	10	15	30	50
$f$ (m)	0,130	0,142	0,156	0,173	0,194	0,289	<b>0,503</b>

Parâmetro da catenária:

$$T = t_{10}^{50^\circ} \cdot 0,0094 \cdot 100 \cdot \frac{\sigma}{p} = 608 \text{ Cu}$$

- Tensões de montagem do segundo vão

Os valores  $m_1$ ,  $m_2$ ,  $\theta_1$  e  $\theta_2$  mantêm-se, o vão crítico também se mantém, porque a tensão máxima é a mesma, no entanto o comprimento do vão é diferente, e agora  $L > L_{crit}$ . Consultando a árvore de decisão, figura 17, observa-se que o estado mais desfavorável é a primavera.

$$m_2 = 3,52$$

$$\theta_2 = 15$$

$$k_1 = (\theta_{mont} - \theta_2) \cdot \alpha \cdot E - T_{m\acute{a}x} + \frac{m_2^2 \cdot p^2 \cdot L^2 \cdot E}{24 \cdot T_{m\acute{a}x}^2 \cdot \sigma^2}$$

Valores de  $k_1$  para vários valores de temperaturas de montagem:

$\theta_{mont}$	-5	0	5	10	15	30	50
$k_1$	44,981	45,750	46,520	47,290	48,059	50,368	53,446

$$k_2 = \frac{p^2 \cdot L^2 \cdot E}{24 \cdot \sigma^2} = 373,800$$

Usando uma vez mais o processo iterativo para calcular as tensões de montagem, iniciando com  $t_0 = 9$  (daN/mm<sup>2</sup>).

$$t_i = t_{i-1} - \frac{t_{i-1}^3 + k_1 \cdot t_{i-1}^2 - k_2}{3 \cdot t_{i-1}^2 + 2 \cdot k_1 \cdot t_{i-1}}$$

$\theta_{mont}$	-5	0	5	10	15	30	50
$t_1$	5,201	5,192	5,183	5,175	5,166	5,142	5,113
$t_2$	3,410	3,394	3,380	3,365	3,351	3,311	3,261
$t_3$	2,857	2,837	2,817	2,798	2,779	2,725	2,659
$t_4$	2,798	2,776	2,755	2,734	2,714	2,656	2,584
$t_5$	2,797	2,775	2,754	2,734	2,713	2,655	2,583
$t_6$	2,797	2,775	2,754	2,734	2,713	2,655	2,583
$t_7$	2,797	2,775	2,754	2,734	2,713	2,655	2,583
$t_8$	2,797	2,775	2,754	2,734	2,713	2,655	2,583
$t_9$	2,797	2,775	2,754	2,734	2,713	2,655	2,583
$t_{10}$	<b>5,201</b>	<b>5,192</b>	<b>5,183</b>	<b>5,175</b>	<b>5,166</b>	<b>5,142</b>	<b>5,113</b>

Tabela 21 – Tensões de montagem do segundo vão para diferentes temperaturas

- Cálculo da flecha e catenária do segundo vão

Flecha máxima para as várias temperaturas de montagem:

$$f = \frac{p \cdot L^2}{8 \cdot \sigma \cdot t_{10}}$$

$\theta_{mont}$ (°C)	-5	0	5	10	15	30	50
$f$ (m)	14,156	14,267	14,376	14,485	14,593	14,913	<b>15,330</b>

Cálculo do parâmetro da catenária:

$$T = t_{10}^{50^\circ} \cdot 0,0094 \cdot 100 \cdot \frac{\sigma}{p} = 694 \text{ Cu}$$

- Tensões de montagem do terceiro vão

Os valores  $m_1$ ,  $m_2$ ,  $\theta_1$  e  $\theta_2$  mantêm-se, o vão crítico vai ser diferente, porque reduziu-se a tensão máxima.

$$T_{m\acute{a}x} = 6 \text{ (daN/mm}^2\text{)}$$

$$\sigma = 49,48 \text{ (mm}^2\text{)}$$

$$a = 0,000019 \text{ (}^\circ\text{C}^{-1}\text{)}$$

$$L = 64 \text{ (m)}$$

$$L_{cr} = \sigma \cdot \frac{T_{m\acute{a}x}}{p} \cdot \sqrt{24 \cdot a \cdot \left( \frac{\theta_2 - \theta_1}{m_2 - m_1} \right)} = 53,0 \text{ (m)}$$

$L > L_{crit}$ . Consultando a árvore de decisão, observa-se que o estado mais desfavorável é a primavera.

$$m_2 = 3,52$$

$$\theta_2 = 15$$

$$k_1 = (\theta_{mont} - \theta_2) \cdot \alpha \cdot E - T_{m\acute{a}x} + \frac{m_2^2 \cdot p^2 \cdot L^2 \cdot E}{24 \cdot T_{m\acute{a}x}^2 \cdot \sigma^2}$$

Valores de  $k_1$  para vários valores de temperaturas de montagem.

$\theta_{mont}$	-5	0	5	10	15	30	50
$k_1$	-3,274	-2,504	-1,735	-0,965	-0,196	2,113	5,191

$$k_2 = \frac{p^2 \cdot L^2 \cdot E}{24 \cdot \sigma^2} = 16,899$$

Reiterando uma vez mais o processo iterativo para calcular as tensões de montagem, iniciando com a tensão máxima aplicável, desta vez  $t_0 = 6$  (daN/mm<sup>2</sup>).

$$t_i = t_{i-1} - \frac{t_{i-1}^3 + k_1 \cdot t_{i-1}^2 - k_2}{3 \cdot t_{i-1}^2 + 2 \cdot k_1 \cdot t_{i-1}}$$

$\theta_{mont}$	-5	0	5	10	15	30	50
$t_1$	4,818	4,602	4,433	4,295	4,182	3,937	3,733
$t_2$	4,321	3,922	3,604	3,349	3,143	2,719	2,399
$t_3$	4,225	3,737	3,325	2,987	2,713	2,160	1,764
$t_4$	4,222	3,723	3,294	2,933	2,636	2,029	1,593
$t_5$	4,222	3,723	3,293	2,932	2,633	2,022	1,580
$t_6$	4,222	3,723	3,293	2,932	2,633	2,022	1,580
$t_7$	4,222	3,723	3,293	2,932	2,633	2,022	1,580
$t_8$	4,222	3,723	3,293	2,932	2,633	2,022	1,580
$t_9$	4,222	3,723	3,293	2,932	2,633	2,022	1,580
$t_{10}$	<b>4,818</b>	<b>4,602</b>	<b>4,433</b>	<b>4,295</b>	<b>4,182</b>	<b>3,937</b>	<b>3,733</b>

Tabela 22 – Tensões de montagem do terceiro vão para diferentes temperaturas

### - Cálculo da flecha e catenária do terceiro vão

Flecha máxima para as várias temperaturas de montagem:

$$f = \frac{p \cdot L^2}{8 \cdot \sigma \cdot t_{10}}$$

$\theta_{mont}$ (°C)	-5	0	5	10	15	30	50
$f$ (m)	0,424	0,481	0,544	0,611	0,680	0,885	<b>1,133</b>



Cálculo do parâmetro da catenária:

$$T = t_{10}^{50^\circ} \cdot 0,0094 \cdot 100 \cdot \frac{\sigma}{p} = 425 \text{ Cu}$$

### 7.2.3 Distância entre condutores

- Distância mínima de segurança do primeiro vão

$$f = 0,503 \text{ (m)}$$

$$D = 0,75 \cdot k \cdot \sqrt{f + d_{iso}} + \frac{U}{200} = \mathbf{0,47 \text{ (m)}}$$

- Distância mínima de segurança do segundo vão

$$f = 15,330 \text{ (m)}$$

$$D = 0,75 \cdot k \cdot \sqrt{f + d_{iso}} + \frac{U}{200} = \mathbf{1,91 \text{ (m)}}$$

- Distância mínima de segurança do terceiro vão

$$f = 1,133 \text{ (m)}$$

$$D = 0,75 \cdot k \cdot \sqrt{f + d_{iso}} + \frac{U}{200} = \mathbf{0,63 \text{ (m)}}$$

Para o apoio de derivação, a travessa do tipo “N” existente é suficiente, visto que permite uma distância de 1,94 metros (consultar tabela 3).

Para os apoios nos extremos do segundo vão a travessa do tipo “N” também é suficiente, no entanto, no projecto feito em DM está aplicada uma travessa do tipo “M”, porque este programa calcula as flechas de modo diferente de forma sobredimensionada, resultando outro parâmetro de catenária.

Para o apoio do PT, a linha chega em esteira, a travessa a usar é HPT4.

## 7.3 Projecto de linha aérea PT Canedo – Escola

O projecto da linha a 15 kV do PT Canedo – Escola, localizado na freguesia de Canedo e concelho de Ribeira de Pena é mais um projecto para licenciamento que tem algumas particularidades. Desta vez a linha atravessa um rio, o rio Beça. Foi feito quer em DM quer semi-manualmente, os dois projectos estão no anexo C.

Neste projecto, teve-se a possibilidade da aplicação de dois vãos de comprimentos consideráveis, um de 448 metros e outro de 365 metros. Para vãos com este comprimento o condutor alumínio-aço de 50 mm<sup>2</sup> não é aconselhável devido ao risco de ruptura. A solução adoptada foi manter o comprimento dos vãos e aumentar a secção, aplicando alumínio-aço 90. Sendo assim a linha ficou com alumínio-aço 50 nos dois primeiros vãos, alumínio-aço 90 no dois vãos seguintes e novamente alumínio-aço 50 no último.

Nesta situação em que se usa o condutor alumínio-aço 90 está ainda mais sobredimensionado, mas torna-se mais económico, porque se se optasse por não colocar alumínio-aço 90, teria de se aplicar mais três apoios. A diferença do custo entre o condutor alumínio-aço 50 e o alumínio-aço 90 para este comprimento é bastante inferior ao preço de 3 apoios e indemnizações a pagar, e ainda tem a vantagem de as perdas serem menores.

Para linhas que atravessem rios, são necessárias a aplicação de bolas de sinalização, ficando a primeira bola de cada extremo do vão afastada do apoio a uma distância de 1/6 do vão e as do meio distanciadas entre si de 40 metros, havendo ajuste nos extremos no caso de não coincidir o comprimento do vão com a distância entre as bolas. As bolas são colocadas intercaladamente nos condutores de cada fase.

Optou-se por colocar bolas de sinalização em dois vãos, porque é uma zona do rio onde helicópteros podem fazer carregamentos de água em casos de incêndios e portanto convém sinalizar a linha para ser visível ao efectuar as manobras.

Para o cálculo dos esforços dos apoios é necessário ter em atenção a força que é aplicada nas bolas de sinalização devido ao vento, aplicando uma força de 10 daN por cada bola (consultar tabela 4).

A memória descritiva, os cálculos dos apoios e das flechas, calculados uma vez mais recorrendo aos ficheiros de Excel, encontram-se no anexo C.

Uma vez mais os perfis dos dois projectos não são iguais, desta vez não foi devido ao insucesso de importação, mas porque houve uma alteração de localização do PT.

Existe outra diferença, que é a aplicação de apoios com alturas sobredimensionadas no projecto feito em D.M, porque pretendeu-se aplicar apoios aproveitando alguns existentes.

Como dois apoios são de ângulo é necessário verificar se a travessa desses apoios satisfaz a distância mínima de segurança entre condutores, essa distância é 2,53 metros, como se pode verificar no anexo C, e estão aplicadas segundo as condições da figura 18 com uma travessa do tipo G.

Tipo	Comprimento (m)	Comprimento / 2 (m)	Distâncias (m)	
			Ao topo	Topo - Lateral
G	3,20	1,60	2,20	2,72

Tabela 23 – Excerto da tabela 3 sobre detalhes das travessas

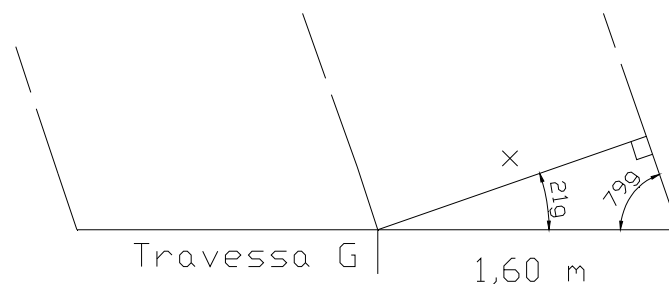
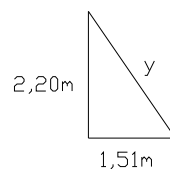


Figura 18 – Condições a que os condutores estão sujeitos nas travessas

$$x = 1,60 \cdot \cos(21,9) = 1,51 \text{ (m)}$$

Distância de topo – lateral:



$$y = \sqrt{2,20^2 + 1,51^2} = 2,66 \text{ (m)}$$

A distância permitida pela travessa nestas condições é 2,66 metros e como a distância mínima de segurança é 2,53 metros, a travessa G satisfaz a distância mínima de segurança.

## 7.4 Projecto linha aérea PT Elsa Reis Carvalho dos Santos

O projecto da linha a 15 kV de Elsa dos Reis Carvalho dos Santos localizado na freguesia Casa de Monforte e concelho de Chaves já se encontrava feito em SIT., quer isto dizer, que estava em exploração. Tendo sido feito exclusivamente para fins académicos. É um projecto com cerca de 1150 metros de comprimento de linha, o projecto mais extenso que fiz. Aproveitei por ser um projecto com uma extensão considerável para fazer dois projectos diferentes e tirar algumas conclusões.

Um dos projectos feito com apoios de betão e outro com apoios metálicos, como é possível visualizar nos perfis do anexo D. Seguindo-se um orçamento para cada um dos projectos, também disponível no mesmo anexo, juntamente com os perfis.

Com os apoios metálicos é possível fazer um projecto com vãos de comprimentos maiores e assim aplicar menos apoios. Neste caso, no projecto com apoios metálicos foi possível colocar menos um apoio em relação ao projecto com apoios de betão. Conduto existe outras diferenças a nível de orçamento entre aplicar apoios de betão ou metálicos, nomeadamente, o preço do apoio, o tipo de travessa e o transporte do apoio.

Comparando os dois orçamentos, tem-se para o projecto com apoios metálicos o valor total de 23.745 euros e para o projecto em apoios de betão o valor total de 18.502 euros, poupando 5 243 euros se aplicar apoios de betão, ficando cerca de 22 % mais barato.

Os apoios de betão têm a vantagem de serem bastante mais baratos, mas difíceis de transportar por serem inteiriços. Os apoios metálicos têm a vantagem de serem transportados mais facilmente, por serem desmontáveis em lanços de 6 metros e de permitirem vãos de maiores comprimentos, por se poder aplicar apoios mais altos.

Sempre que possível, são aplicados apoios de betão no projecto, que como se viu, torna-se notoriamente mais barato.

## 7.5 Projecto de linha MT subterrânea Quinta da Fraga

Este projecto consiste em alimentar um PT que se vai designar S.M.M. – QTA DA FRAGA, a instalar num loteamento em fase inicial.

Foi analisado o PT mais próximo e com maior facilidade em alimentar o novo PT.

O novo PT vai ser alimentado pelo PT já existente designado B. STO. AMARO-CHAVES 3, que está em anel, a funcionar a 15 kV, ficando o novo PT em antena.

Na planta está desenhado o trajecto do cabo, sinalizada a travessia e as caixas de visita, como é visível no anexo E. O traçado tem comprimento total de 325 metros.

A potência do PT a instalar é 250 kVA. A corrente nominal será:

$$I = \frac{250}{\sqrt{3} \times 15} = 9,62A$$

Consultando o excerto do catálogo de cabos de média tensão disponível no anexo E, pode-se verificar-se que o cabo LXHIOV 3x(1x25)mm<sup>2</sup> é mais que suficiente, tendo corrente admissível de 118 Ampere, no entanto, o cabo usado pela EDP para redes MT subterrâneas é LXHIOV 3x(1x120)mm<sup>2</sup> que consultando o mesmo anexo, tem corrente admissível de 278 Ampere. É usado este cabo sobredimensionado a pensar na expansão da rede e assim as perdas são diminuídas por estas serem inversamente proporcionais à secção.

A aplicação usual do cabo na vala é em trevo juntivo.

A memória descritiva e justificativa do respectivo projecto encontra-se também no anexo E, esta memória descritiva, é uma memória tipo muito simples, seguindo-se por isso mais detalhes acerca das disposições regulamentares.

É de referir que somente é permitido a passagem de cabos subterrâneos em terrenos públicos ou pertencentes ao loteamento a que se destinam.

### 7.5.1 Disposições regulamentares

A normas da EDP exige que a montagem dos cabos em vala seja feita a 1,20 metros de profundidade e 0,60 metros de largura, como representado na figura 19, salvo casos excepcionais. No entanto segundo o artigo 80º do RSLEAT para os cabos de linhas de 2ª classe, apenas exige 1,0 metro de profundidade quando montados sob faixas de rodagem e 0,70 metros em todos os outros locais. Entenda-se como linhas de 2ª classe, linhas cuja tensão nominal é superior a 1000 Volt em corrente alternada ou 1500 Volt em corrente contínua e inferior a 40 000Volt.

Do PT de derivação até à primeira caixa de visita, antes da travessia. Os cabos serão colocados directamente no solo levando uma camada de 0,10 metros de areia fina ao seu redor, sendo protegidos por lajetas de betão armado, e colocada uma fita de sinalização a 0,10 metros dos cabos e uma rede plástica de sinalização com largura de 300 mm, malha quadrada de 15 mm e cor vermelha a 0,30 metros do nível do solo.

Após a travessia até ao PT que se pretende alimentar, devido a ser uma zona de construção nos próximos tempos e portanto zona de terras mexidas e possíveis aberturas de valas, quer para canalização de gás, águas ou saneamentos, a montagem dos cabos será entubada, contendo dois tubos PEAD-PN6 de 200 mm de diâmetro em paralelo, ficando um livre, disponível na eventualidade de futuramente haver a necessidade de ligar um outro PT, não ser preciso abrir a vala novamente.

Como a distância entre a travessia e o PT a alimentar é cerca de 70 metros, e como regra prática aconselha-se uma distância máxima entre caixas de visita de cerca 40 metros para melhor enfiamento dos cabos; vai ser colocada uma caixa de visita em cada extremo e uma outra sensivelmente a meio onde faz uma ligeira curva no trajecto dos cabos, distando-se cerca de 35 metros para cada uma das outras caixas de visita.

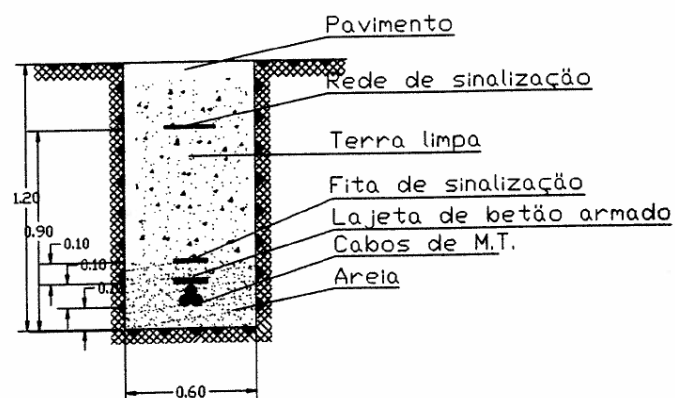


Figura 19 – Perfil transversal de vala tipo para linha MT subterrânea

## 7.6 Projecto de BT (IP)

No âmbito de projectos de baixa tensão, há pouco a fazer. Actualmente a maioria da construção de linhas de baixa tensão é feita quando são feitos loteamentos. Nestes casos o projectista do loteamento faz todo projecto da rede subterrânea de baixa tensão, inclusive o projecto de iluminação pública.

A outra fracção da construção de linhas de baixa tensão é realizada em meios mais rurais, que consiste no acréscimo de alguns apoios nas linhas aéreas já existentes, aquando de algum pedido, quer para iluminação pública ou alimentação de habitações. Nesta situação não são realizados projectos. Apenas é feito um parecer no terreno e são colocados apoios distanciados normalmente entre 35 e 45 metros.

A escolha do apoio vai depender de três factores: o peso do cabo que vai ser aplicado, se o apoio é de ângulo ou de alinhamento e a altura necessária.

Por defeito o cabo usado é o LXS 4x70+16mm<sup>2</sup>. Este cabo tem um peso aproximado de 1130 kg/km, ver excerto do catálogo de cabos de baixa tensão no anexo F. Como é um cabo com peso considerável, usa-se um apoio que agüente 200 daN de esforço à cabeça caso se encontre em alinhamento ou faça um pequeno ângulo (até 20 ou 25 grados em relação ao alinhamento) e 400 daN em situações de ângulos maiores.

Quanto à altura do apoio, é normal usar-se apoios de 8 metros e 9 metros, estes últimos normalmente em travessias de ruas.

Foi possível ter acesso a algumas plantas antigas em AutoCAD com extensões consideráveis e escolhi uma para fazer o projecto. As plantas que existem são plantas sem escala, no entanto medindo a largura das ruas e o tamanho do campo de futebol que nele contém, parece que a escala que melhor se aproxima é a escala 1/1000, foi portanto, usada essa escala para fazer o projecto que se encontra no anexo F.

A luminária usada é Sintra 1 e 2, com lâmpada de vapor de sódio de alta pressão NAV-T 70 SUPER 4Y, como se pode ver no anexo F. A potência absorvida pela lâmpada é 70 Watt, o conjunto lâmpada mais reactor absorve 83 Watt.

A correcção do factor de potência é feito, aplicando um condensador em paralelo.

A corrente em regime permanente de cada luminária é de:

$$I_{total} = \frac{P}{U_s} = \frac{83}{230} \cong 0,36A$$

No projecto foram usadas 24 luminárias, resultando assim aproximadamente 9 Ampere.

Como o cabo que vai ser usado é o LXS 4x70+16mm<sup>2</sup>, o condutor de iluminação pública de 16mm<sup>2</sup> tem corrente admissível de 75 ampere, portanto vai estar sujeito a uma corrente bastante inferior, cerca de 12 % da corrente admissível, assim sendo o condutor quase não vai aquecer. Contudo existem os outros quatro condutores que estão próximos e que muito provavelmente terão correntes de serviço mais perto das correntes admissíveis desses mesmos condutores, o que podem influenciar no seu aquecimento. Fazendo correcção de temperatura para 50 graus, o valor das resistências corrigidas dos condutores vêm na tabela 24.

$$R_{50} = R_{20} \cdot (1 + 0,0039(50 - 20))$$

Secção (mm <sup>2</sup> )	R <sub>20</sub> (Ω/km)	R <sub>50</sub> (Ω/km)
16	1,89	2,11
70	0,443	0,495

Tabela 24 – Valores das resistências a 20°C e 50°C

O factor mais relevante a ter em conta numa rede IP é o comprimento que as protecções estão aptas a proteger.

O fusível usado é do tipo gG. Na tabela 25 estão alguns valores de calibre de fusível (I<sub>n</sub>), e a corrente de curto-circuito (I<sub>cc</sub>) ao fim de 5 segundos.

I <sub>n</sub> (A)	I <sub>cc</sub> (A)
25	140
20	110
16	85

Tabela 25 – Calibre de fusíveis e corrente de c.c.

$$I_{cc} = \frac{0,95 \cdot 230}{1,5 \cdot (R_f + R_n) \cdot l}$$

$$I_{cc}^{\min}(5s) = \frac{0,95 \cdot 230}{1,5 \cdot (0,495 + 2,11) \cdot l_{\max}}$$



$$l_{m\acute{a}x} = \frac{0,95 \cdot 230}{1,5 \cdot (0,495 + 2,11) \cdot I_{cc}^{\min}(5s)}$$

Na tabela 26 é apresentado o comprimento máximo ( $l_{m\acute{a}x}$ ) que o fusível de calibre ( $I_n$ ) é capaz de proteger.

$I_n$ (A)	$I_{cc}$ (5s)	$l_{m\acute{a}x}$ (m)
25	140	399
20	110	508
16	85	657

Tabela 26 – Distâncias máximas.

O ramal mais extenso do projecto tem 492 metros de comprimento. Portanto pode-se aplicar quer o fusível de calibre 16 Ampere, quer o de 20 Ampere.

No arranque há um pico de corrente de duas ou três vezes superior à corrente nominal, contudo o arranque durará um ou dois segundos no máximo, o que traduz que, mesmo sendo uma corrente superior ao calibre do fusível, este não funde, porque o tempo de arranque é muito baixo.

Ainda no âmbito da baixa tensão, é feita quando solicitada, e também por iniciativa da empresa a medida do valor da tensão. Nos casos em que estes valores estiverem abaixo dos regulamentares, trata-se de arranjar uma solução. Mudança do ramal ou alimentação do ramal por outro ponto da rede ou a instalação de um novo posto de transformação.

## 7.7 Em DM

- Ramal a 15 kV ATMAD – Válvula motorizada nº 3 / Montalegre
- Ramal a 30 kV Vale Cepões Nº153 / Lamego
- Ramal a 30 kV Lacticínios do Paiva S.A. / Lamego
- Modificação linha da Régua a 30 kV troço Ap. 17A - Ap. 17=18 / Peso da Régua
- Linha a 30 kV Magalhã-Andrães1 / Vila Real
- Ramal a 30 kV S. Cipriano - Carril Nº 81 / Resende
- Modificação do ramal do PT de Guiães a 30kV troço Ap.4 - Ap.6 / Vila Real
- Modificação linha a 30 kV Ap 1 Murça - Eira – Souto / Murça
- Modificação linha a 30 kV Macedo de Cavaleiros – Mirandela troço Ap.67 – Ap.69
- Entre outros não anotados.

## 8 Conclusão

Os trabalhos realizados durante o período de estágio fizeram com que conhecimentos e conceitos aprendidos ficassem assimilados.

A formação adquirida na FEUP enquanto estudante foi essencial, tendo a oportunidade de aplicar conhecimentos adquiridos.

Trabalhar e aprender com pessoas de diferentes funções, faz-me evoluir em termos de conhecimentos e capacidades, impingindo e exigindo maior responsabilidade em tudo o que fazia e dizia.

Durante o estágio, ao longo da execução de projectos, nomeadamente de linhas aéreas MT, fui apreendendo as várias etapas pelas quais as obras vão passando, desde o projecto até à exploração; com a familiarização de documentos; conceitos específicos e custos.

O estágio foi a primeira experiência a nível de trabalho no ramo da engenharia electrotécnica onde aprendi bastante acerca da arte e assuntos a seu redor que penso me serem úteis no futuro.

Obter um conhecimento consolidado na área de projecto de linhas aéreas eléctricas de média tensão era o grande objectivo, e foi atingido com grande sucesso.

## 9 Referências

### 9.1 Bibliografia

Regulamento de Segurança de Linhas Eléctricas de Alta Tensão – Direcção Geral de Energia

Recomendações para linhas aéreas de alta tensão até 30 KV (M. T.) Volumes I, II e III – Direcção Geral de Energia

Catálogo de apoios de betão da Cavan

Catálogo de apoios metálicos da E.I.P.

Catálogos de condutores da Cabelte e Solidal

### 9.2 Apontamentos

Concepção de instalações eléctricas; Pereira da Silva, Peças Lopes, FEUP

Técnicas de Alta Tensão; FEUP

Instalações Eléctricas; José Neves dos Santos, FEUP

Produção e Transporte de Energia; José Neves dos Santos, FEUP

### 9.3 World Wide Web

[http://www.cabelte.pt/cabelte/pdf/portugues/Catalogos/cat\\_mt.pdf](http://www.cabelte.pt/cabelte/pdf/portugues/Catalogos/cat_mt.pdf)

[http://www.cabelte.pt/cabelte/pdf/portugues/Catalogos/Cat\\_Cabos\\_BT.pdf](http://www.cabelte.pt/cabelte/pdf/portugues/Catalogos/Cat_Cabos_BT.pdf)

[http://www.schreder.com/documents/SINTRA/Portuguese/Brochure/200608091623/SINTRA\\_PO.pdf](http://www.schreder.com/documents/SINTRA/Portuguese/Brochure/200608091623/SINTRA_PO.pdf)

<http://br.osram.info/produtos/profissional/descarga/>

## 10 Lista de anexos

### Anexo A

Perfil Águas de Trás-os-Montes e Alto Douro válvula motorizada nº 5  
Cálculos do dimensionamento dos apoios  
Cálculos das flechas, catenárias, tensões de montagem e distância mínima de segurança

### Anexo B

Perfil do projecto feito em D.M. da Quinta da Romaneira – Escritório  
Perfil do projecto manual da Quinta da Romaneira – Escritório  
Memória descritiva e justificativa do projecto da Quinta da Romaneira – Escritório

### Anexo C

Perfil do projecto feito em D.M. Canedo – Escola  
Perfil do projecto manual Canedo – Escola  
Memória descritiva e justificativa do projecto Canedo – Escola  
Cálculos dos apoios, flechas, catenárias, tensões de montagem e distâncias mínimas de segurança

### Anexo D

Perfil e respectivo orçamento do projecto com apoios de betão  
Perfil e respectivo orçamento do projecto com apoios metálicos

### Anexo E

Planta linha subterrânea de média tensão  
Excerto do catálogo de cabos de média tensão  
Memória descritiva e justificativa do projecto Quinta da Fraga

### Anexo F

Planta linha BT (IP)  
Excerto do catálogo de cabos de baixa tensão  
Luminárias sintra 1 e 2  
Excerto catálogo lâmpadas de descarga em alta pressão