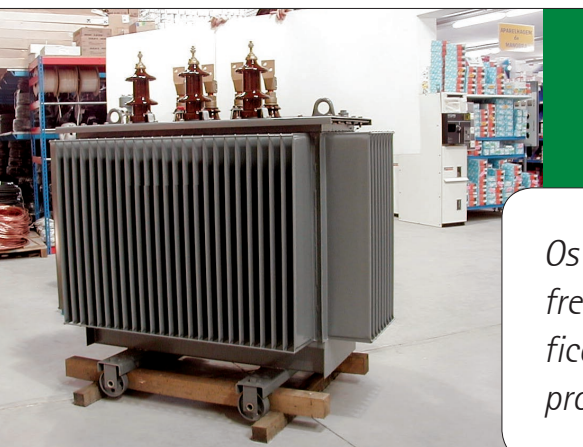


projecto de postos de transformação

{ 1.ª PARTE – POSTOS AÉREOS }



Os postos de transformação são instalações eléctricas muito frequentes e que podem assumir características muito diversificadas, havendo, por isso, variações muito sensíveis ao nível do projecto.

1. INTRODUÇÃO

O conjunto das centrais de produção de energia eléctrica, das redes de transporte e distribuição, aéreas e subterrâneas, e das instalações de transformação constitui uma complexa estrutura a que se dá o nome de Sistema Eléctrico Nacional.

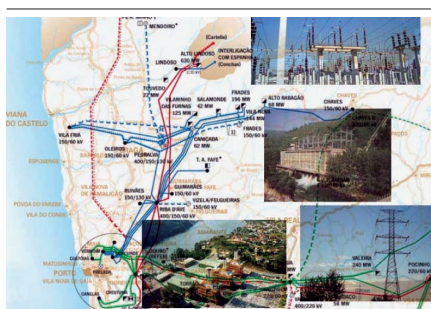


Figura 1 · Sistema Eléctrico Nacional.

Por razões de ordem económica e de segurança, este sistema obriga a ter vários níveis de tensão, escolhidos entre os normalizados pelas instituições internacionais (Tabela 1).

Entre estes, dois há que são particularmente importantes no âmbito Europeu: o nível dos 400 kV, na Alta Tensão, valor preferencial para a interligação das diversas redes nacionais, e os 400 V, no domínio da Baixa Tensão, para propiciar a utilização universal

dos aparelhos electrodomésticos (de referir que o Reino Unido já adoptou a tensão nominal 230/400 V, no sentido da harmonização europeia, substituindo o antigo valor de 240/415 V).

Tensão (V)		Classes	Designação	
Nominal	Mais elevada		Regulamentar	Habitual
220/380 230/400 240/415 660 1000	- - - - -	1ª	Baixa Tensão	Baixa Tensão
10000 (15000) 20000 35000 (45000)	12000 17500 24000 40500 (52000)	2ª	Alta Tensão	Média Tensão (Distribuição)
66000 110000 132000	72500 123000 145000	3ª		Alta Tensão (Repartição)
(150000) 220000 380000 400000	(170000) 245000 400000 420000			Muito Alta Tensão (Transporte)
1000000	1200000			Ultra Alta Tensão

Tabela 1 · Níveis de Tensão.

A obtenção dos vários níveis de tensão necessários à boa condução do sistema eléctrico é realizada em instalações de transformação usando máquinas estáticas chamadas transformadores.

De acordo com a nossa legislação, essas instalações de transformação dividem-se em subestações e postos de transformação, dependendo da utilização que se dá à corrente secundária dos transformadores (noutros países não se faz esta discriminação: assim, em França, todas as instalações de transformação são postos de transformação, e, no Brasil, por exemplo, todas as instalações que realizam a alteração dos níveis de tensão são subestações).

O Regulamento de Segurança de Subestações, Postos de Transformação e de Secionamento (RSSPTS) no seu artº 6º define Posto de Transformação do seguinte modo: *"Instalação de alta tensão destinada à transformação da corrente eléctrica por um ou mais transformadores estáticos, quando a corrente secundária de todos os transformadores for utilizada directamente nos receptores, podendo incluir condensadores para compensação do factor de potência"*. De notar que a partir da definição não é necessário que a tensão secundária caia no domínio da BT, mas sim que essa corrente alimente directamente os receptores; pense-se, nomeadamente, em motores de elevada potência alimentados normalmente a 6 kV.

Mas a situação comum é a da transformação média tensão/baixa tensão, em particular, no nosso país, 15/0,4 kV, principalmente, mas também 10, 30, 6,6, 6 e 5/0,4 kV.

O equipamento fundamental de um posto de transformação (PT) é obviamente o transformador, mas, como instalação envolvendo elevados níveis de tensão e energia, necessita naturalmente de um conjunto adicional de aparelhagem tendente a realizar as funções obrigatórias de comando, seccionamento, contagem e protecção quer de pessoas e animais, quer dos próprios equipamentos e outros bens.

Os postos de transformação são inseridos nas redes próximos dos centros de consumo, em diferentes áreas geográficas e com exigências diversas: zonas rurais, semi-urbanas e urbanas, zonas industriais, loteamentos e urbanizações, zonas de baixa, média ou

elevada densidade de carga, com média ou elevada exigência de qualidade de serviço, de domínio público ou privado, etc.

Desta variedade de condicionantes resulta uma gama correspondente de soluções possíveis para a arquitectura dos postos de transformação. Assim, adequando as instalações às diversas situações encontradas, é possível classificar os postos de transformação quanto:

- › à **instalação**
- › ao **modo de alimentação**
- › ao **serviço prestado**
- › ao **modo de exploração**

Quanto à **instalação**, os PTs podem ser:

1. de interior
 - _ em edifício próprio
 - _ em edifício para outros usos
2. de exterior, ou à *intempérie*

Quanto ao **modo de alimentação**, serão dos tipos:

1. *radial*
2. *em anel aberto*
3. *com dupla derivação*

Quanto ao tipo de **serviço prestado**, dividem-se em:

1. *públicos*
2. *privados*

Quanto ao **modo de exploração**, poderão ser de condução:

1. *manual*
2. *automática*

2º POSTOS DE TRANSFORMAÇÃO NORMALIZADOS

Para simplificar o projecto de PTs, decorrente da grande diversidade de soluções possíveis, a Direcção-Geral de Energia, hoje Direcção-Geral de Energia e Geologia, DGEG, normalizou, sob a forma de Projectos-tipo, uma série de esquemas destas instalações que contêm toda a especificação relativa a equipamentos, aparelhagens e seus dimensionamentos, normas e outros requisitos.

Assim, encontram-se padronizados os seguintes tipos:

1. Postos de exterior, aéreos, montados em postes, PT-A:

- a. A
- b. AS
- c. AI
- I. AI1
- II. AI2

2. Postos de interior, instalados em gabinete alta, PT-CA

- a. CA1 e CA1 (variante)
- b. CA2

3. Postos de interior, instalados em gabinete baixa, PT-CB

- a. CBU
- b. CBL

No que se segue faz-se um resumo dos aspectos essenciais destes postos como definidos nos citados projectos-tipo da DGEG. Os projectistas e demais interessados num conhecimento mais exaustivo das características destes PTs são aconselhados a consultar os referidos documentos.

3º POSTOS DE TRANSFORMAÇÃO AÉREOS (PTA)

Estes postos, montados em postes normalizados de betão, são identificados pelo modo como é feita a sua ligação à rede aérea de Média Tensão.

No caso de ligação directa estaremos na presença de um PT do tipo A; se se fizer através de seccionador, teremos um tipo AS e se essa ligação for estabelecida mediante interruptor-seccionador será um PT AI.



Figura 2 · PT aéreo do tipo AI, com saída também aérea do lado da BT.

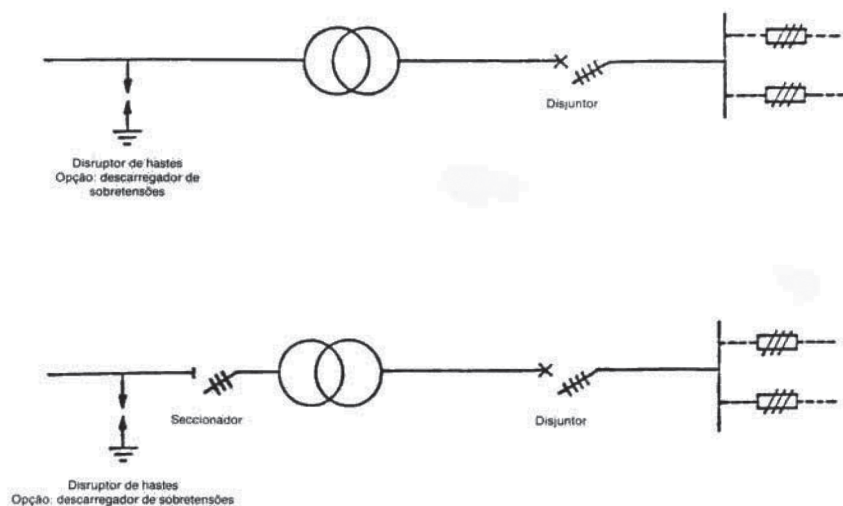


Figura 3 · Esquemas de princípio dos PTs tipos A e AS.

Tipo de PT	Protecção contra sobretensões	Seccionador	Interruptor-seccionador
A	x	-	-
AS	x	x	-
AI	x	-	x

Tabela 2 · Equipamento de AT dos postos aéreos de transformação.

Tensão nominal da rede kV	Tensão estipulada do equipamento Um (valor eficaz) kV	Tensão estipulada suportável ao choque atmosférico (valor de crista) kV		Tensão estipulada suportável à frequência industrial durante 1 minuto (valor eficaz) kV	
		À terra entre pólos e entre terminais do aparelho de conexão aberto kV	Sobre a distância de seccionamento kV	À terra entre pólos e entre terminais do aparelho de conexão aberto kV	Sobre a distância de seccionamento kV
6	7,2	60	70	20	23
10	12	75	85	28	32
15	17,5	95	110	38	45
30	36	170	195	70	80

Tabela 3 · Níveis de isolamento estipulados do equipamento de AT.

SECCIONADORES E INTERRUPTORES

Tensão estipulada kV	Corrente estipulada de curta duração (3 s) kA	Valor de pico da corrente admissível estipulada kA	Valor mínimo da corrente estipulada em serviço contínuo (valor eficaz) A
12	16	40	200
17,5	12,5	31,5	200
36	8	20	200

Tabela 4 · Características estipuladas para os seccionadores (NP-2830).

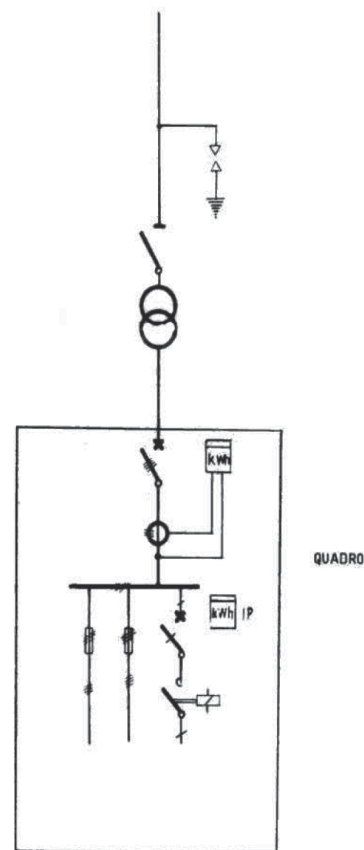
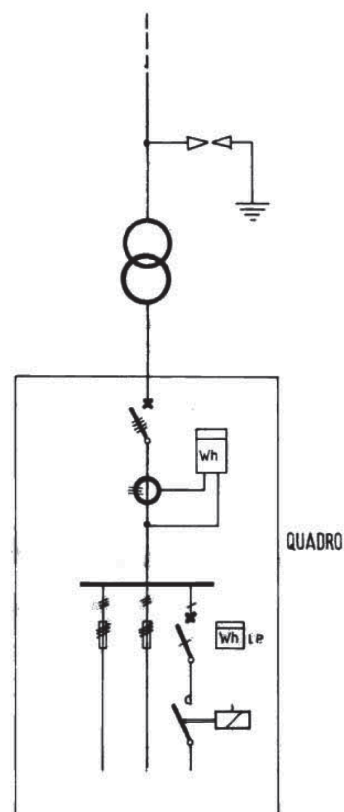


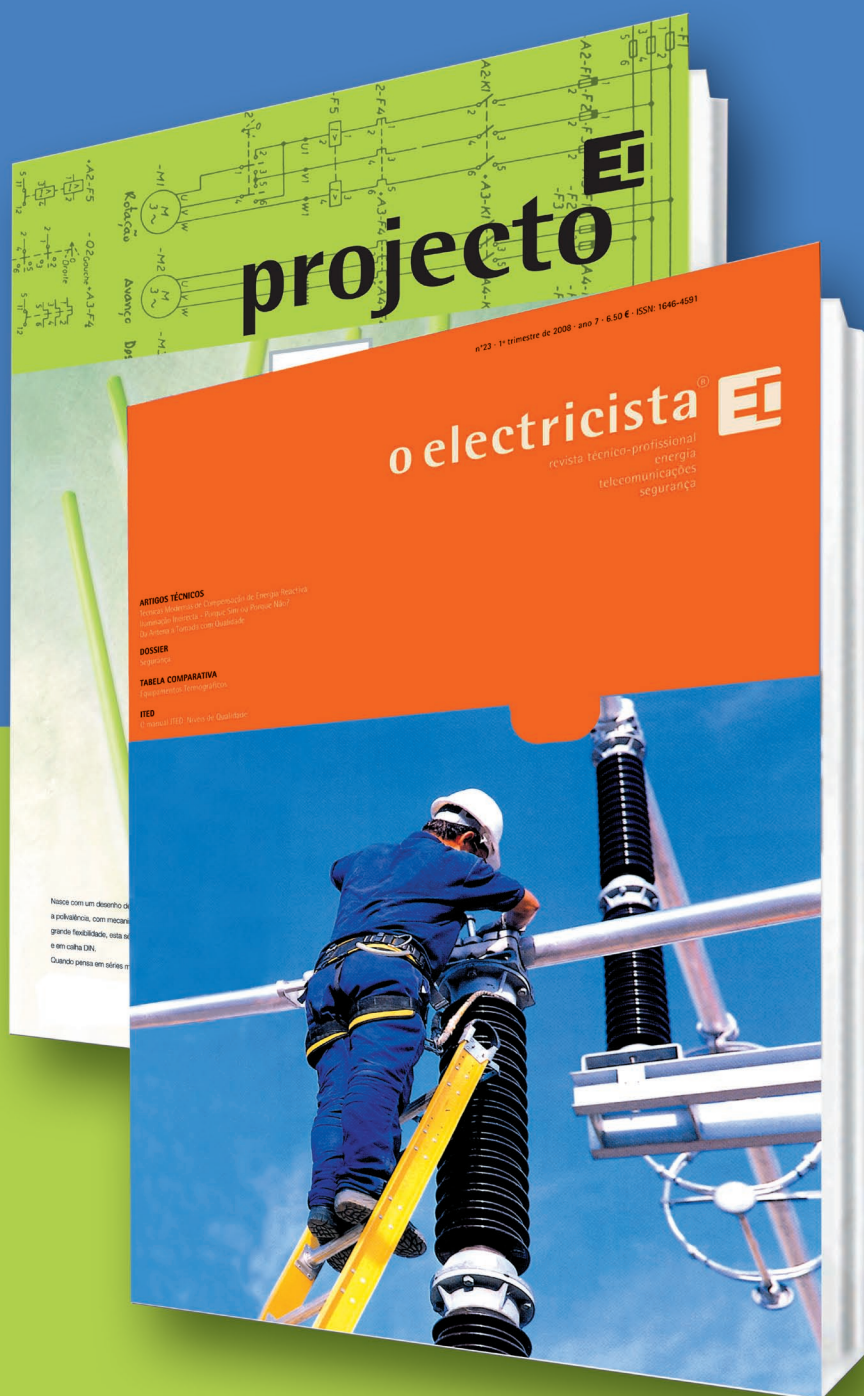
Figura 4 · Esquemas eléctricos dos PTs A e AS.

o electricista®



revista técnico-profissional
energia
telecomunicações
segurança

- › artigos técnicos
- › projecto
- › fichas formativas
- › energia
- › telecomunicações
- › ITED
- › segurança
- › dossiers temáticos
- › reportagens
- › tabelas comparativas
- › novidades do mercado



parceiros
voltimum
.pt

a revista do
profissional electrotécnico

SECCIONADORES E INTERRUPTORES

Tensão estipulada kV	Corrente estipulada em serviço contínuo A	Corrente estipulada de curta duração (3 s) kA	Poder de fecho estipulado em curto-circuito kA	Poder de corte estipulado do transformador em vazio A	Poder de corte estipulado do cabo em vazio A
12	200/400	10/16	25/40	6,3	10
17,5	200/400	10/12,5	25/31,5	6,3	10
24	200/400	10	25	6,3	25
36	200/400	10	25	6,3	40

Tabela 5 · Características estipuladas para interruptores-seccionadores (NP-2868/1).

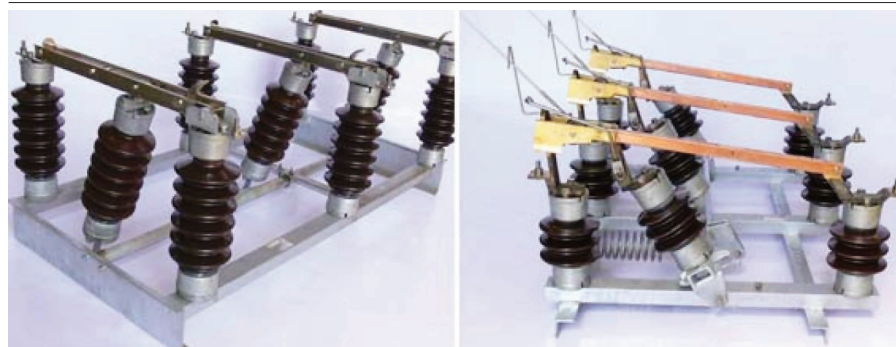


Figura 5 · Seccionador e Interruptor-seccionador.

Outras características a observar:

O poder de fecho do interruptor-seccionador deve ser adequado à potência de curto-circuito da rede de AT previsível no ponto de instalação do PT. Este valor deve ser fornecido pela Empresa de Distribuição.

O interruptor-seccionador deve garantir um poder de corte nominal mínimo de cargas principalmente activas de 31,5 A.

PROTECÇÃO CONTRA SOBRETENSÕES

Tipo de PT	Pára-raios do tipo autoválvulas Poder de descarga nominal kA		Disruptores de hastes (em substituição das autoválvulas)
	Nível cerâmico normal	Nível cerâmico elevado	
A	5	10	Sim, se a)
AS	5	10	Sim, se a)
AI	5	10	Sim, se a)

Tabela 6 · Escolha das protecções contra sobretensões.

a) Sendo satisfeitas simultaneamente as seguintes condições:

- a linha de alimentação dispuser de protecções de defeito fase-terra rápidas e eficientes, com religação automática;
- o valor da resistência de terra for inferior a 20Ω , nas condições mais desfavoráveis e se o posto não estiver em zonas particularmente expostas a trovoadas;
- o posto não for implantado em zona frequentada pelo público (vizinhança de escolas, praças públicas, etc.).

QUADRO ELÉCTRICO

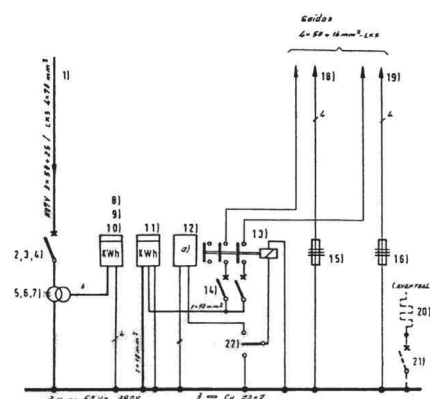


Figura 6 · Esquema eléctrico do quadro de BT dos postos A e AS.

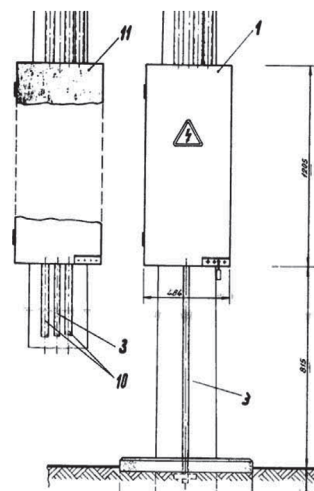


Figura 7 · Colocação do QBT.

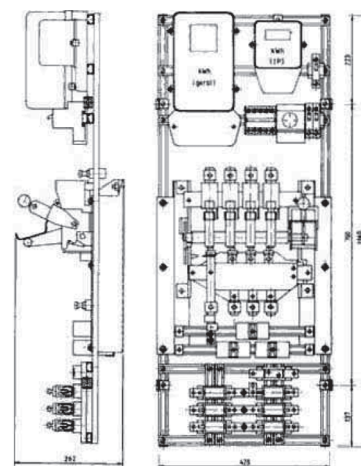


Figura 8 · Disposição da aparelhagem do QBT.

TRANSFORMADORES

Tipo de PT	Potência dos transformadores a utilizar				
	kVA				
A	25	50	100	-	-
AS	25	50	100	-	-
AI	-	-	-	160	250

Tabela 7 · Potência dos transformadores.

Características dos transformadores:

1. trifásicos, para montagem exterior
2. devem obedecer às normas NP-443, NP-2627
3. tensões primárias de 6, 10, 15 e 30 kV e secundárias de 230/400 V
4. dotados de comutador em vazio, do lado do primário, para $\pm 5\%$

QUADRO ELÉCTRICO

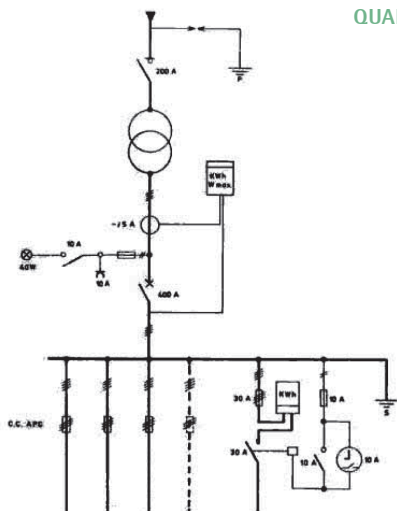


Figura 9 · Esquema eléctrico do QBT do PT-AI.

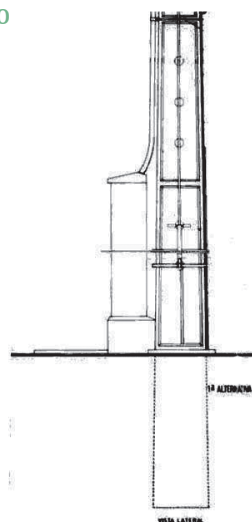


Figura 10 · Colocação do QBT na base do poste.

O equipamento de BT deve admitir uma tensão suportável mínima de 8 kV à frequência industrial durante 1 minuto e de 20 kV ao choque (onda 1,2/50 μ s). O equipamento eléctrico que não satisfaça estes requisitos não deve ter invólucros metálicos e deve ser instalado sobre uma base isolante que garanta esses níveis de isolamento.

A tensão suportável pela aparelhagem de BT à frequência industrial deve ser superior à tensão de defeito resultante de um curto-circuito à terra por parte da linha de AT.

$$U_d = I_d R_p$$

$$I_d = \frac{U_{MT}}{\sqrt{3} \sqrt{(R_N + R_p)^2 + X_N^2}}$$

Em que:

U_d – tensão de defeito

I_d – corrente de defeito à terra do lado da MT

R_p – resistência da terra de protecção

R_N e X_N – componentes resistiva e reactiva da terra do neutro da MT

O valor máximo desta corrente de defeito deve ser fornecido pela Empresa Distribuidora. Os valores habituais, atendendo a que na esmagadora maioria dos casos a rede MT é de neutro impedante, são os seguintes:

Tipo de linha	Corrente de defeito I_d A
Aérea	≤ 300
Subterrânea	≤ 1000

Normas	NP-525, NP-526, NP-527
Índices de protecção	IP 45 IK 10
Materiais	Chapa galvanizada, espessura mínima 2 mm
	Chapa de aço polida, espessura mínima 2 mm
	Poliéster reforçado com fibra de vidro

Tabela 8 · Características dos invólucros dos quadros de BT.

Equipamento	PT – A e AS	PT – AI
Disjuntor geral de BT CEI 157-1	Omnipolar, corte visível, 160 A, PdC mín 2 kA, c/ relé tripolar de máxima e acção diferida	Omnipolar, corte visível, 400 A, PdC mín 2 kA, c/ relé tripolar de máxima e acção diferida Ou compacto, PdC mín 10 kA, omnipolar
Fusíveis APC	NP-3524, tipo gG	NP-3524, tipo gG
Contadores	a)	a)
	Trifásico de 30 A	Trifásico de 30 A
Contactor	25 A, AC-4	40/63 A, AC-4
Relógio c/ reserva mínima para 12 h	b)	b)
Célula fotoeléctrica	b)	b)

Tabela 9 · Características do equipamento principal do QBT.

a) Aparelhagem a ser fornecida pelo Distribuidor de energia eléctrica

b) Em alternativa

PROTECÇÃO DAS PESSOAS CONTRA CONTACTOS ACIDENTAIS

Terra de protecção

As massas da aparelhagem de AT são ligadas entre si e aos pontos de ligação do poste ou postes (AI-2). A ligação do pára-raios ao eléctrodo é executada com condutor de cobre nu de 35 mm² de secção, o mais directamente possível, evitando-se ângulos pronunciados. O QBT, o punho do comando do seccionador ou interruptor e respectivas plataformas de manobra são também ligadas à terra de protecção. Será estabelecida uma ligação equipotencial entre a parte fixa e móvel do seccionador (interruptor), por intermédio de trança flexível de cobre. A secção mínima dos condutores, se de cobre, será de 16 mm², até ao ligador amovível e de 35 mm², a partir deste.

Terra de serviço

A ligação à terra do neutro será feita, pelo menos em duas saídas, no primeiro ou primeiros apoios de cada saída da rede de distribuição se se tratar de rede aérea.

Quando o posto servir uma rede subterrânea o eléctrodo ou eléctrodos serão localizados em terreno que ofereça condições aceitáveis à sua implantação e seja suficientemente afastado da terra de protecção para garantir a sua distinção (≈ 20 m).

Eléctrodos

Tipo de Eléctrodo	Material	Superf. Contacto c/ a terra m ²	Espessura mm	D _{ext} mm	L m	D _{transv} mm	Secção mm ²	D _{fi os} compon. Mm
Chapas	Cobre	1	2	-	-	-	-	-
	Aço galvanizado ^a	1	3	-	-	-	-	-
Varetas	Cobre	-	-	15	2	-	-	-
	Aço revestido de cobre	-	0,7 ^b	15	2	-	-	-
	Aço galvanizado ^a	-	-	15	2	-	-	-
Tubos	Cobre	-	2	20	2	-	-	-
	Aço galvanizado ^a	-	2,5	25	2	-	-	-
Perfis	Aço galvanizado ^a	-	3	-	2	60	-	-
Cabos nus	Cobre	1	-	-	-	-	25	1,8
	Aço galvanizado ^a	1	-	-	-	-	100	1,8
Fitas	Cobre	1	2	-	-	-	25	-
	Aço galvanizado ^a	1	3	-	-	-	100	-
Varões	Aço galvanizado ^a	1	-	10	-	-	-	-

a) A protecção deve ser assegurada por galvanização, imersão a quente, com a espessura de revestimento mínima de 120 μ m

b) Espessura de revestimento. Admite-se que este valor seja reduzido desde que os eléctrodos sejam executados por tecnologia adequada e sujeitos a prévia aprovação da DGEG

Tabela 10 - Tipos de eléctrodos.

Plataformas de manobra

Na base do poste e assente no respectivo maciço deve ser montada uma plataforma de betão, construída com uma malha de 20x20 mm, feita de arame de 4 mm de diâmetro mínimo (Figura 11).

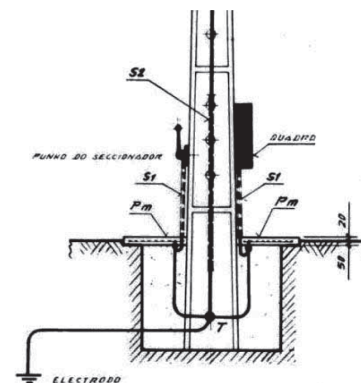
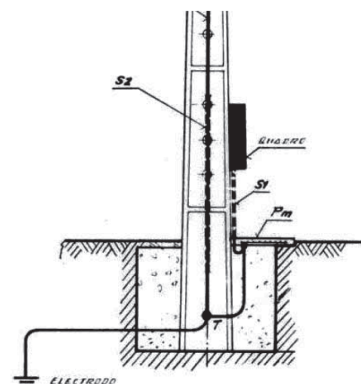


Figura 11 - Terra de protecção PT-A e PT-AS.

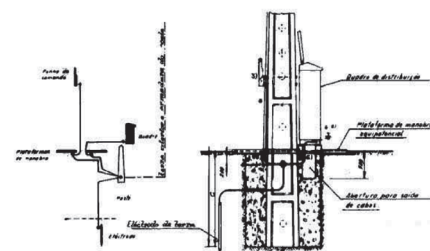


Figura 12 - Terra de protecção PT-AI1.

4. CONCLUSÕES

Como está descrito nas secções anteriores, mesmo as versões mais simples dos PTs acabam por ter alguma complexidade na medida em que são constituídos por um razoável conjunto de componentes, com diversas variantes. Além disto, o projecto de PTs tem de dar resposta um conjunto de requisitos técnicos e de segurança.

Os restantes trabalhos sobre este tema, a publicar nos próximos números da revista, incidirão sobre o projecto dos restantes tipos de PTs normalizados.