

GUIA TÉCNICO DE TERRAS

1ª parte

a) Ligações à terra – homologada em 2005-07-26 e revista em MAI 2007 e MAI 2010
Regras para a ligação à terra das instalações de distribuição de energia em MT e BT (redes e PT)

b) DRE-C33-800/N (MAI 2007) – Pontas para a pesquisa de avarias e ensaios/medições em cabos subterrâneos de baixa tensão. Regras de execução e montagem

2ª parte

Eléctrodos de terra – homologada em 2005-07-26

Regras de selecção e de instalação de eléctrodos de terra em redes MT, BT, IP e PT

3ª parte

DMA-C65-210/N (SET 2005): MATERIAL DE PROTECÇÃO DE REDE E SEUS ACESSÓRIOS. Eléctrodos de terra. Características e ensaios

Elaboração: DTI

Homologação: a indicada nas diferentes partes do documento

Edição: 3ª

Emissão: EDP Distribuição – Energia, S.A.

DTI – Direcção de Tecnologia e Inovação

R. Camilo Castelo Branco, 43 • 1050-044 LISBOA • Tel.: 210021500 • Fax: 210021444

E-mail: dti@edp.pt

Divulgação: EDP Distribuição – Energia, S.A.

GBCO – Gabinete de Comunicação

Rua Camilo Castelo Branco, 43 • 1050-044 LISBOA • Tel.: 210021684 • Fax: 210021635

GUIA TÉCNICO DE TERRAS

1ª parte – Ligações à terra

Regras para a ligação à terra das instalações de distribuição de energia em MT e BT (redes de Média Tensão, Postos de Transformação, e redes de Baixa Tensão)

Elaboração: DTI

Homologação: conforme despacho do CA de 2010-05-05

Edição: 3ª. Substitui a edição de MAI 2007

Emissão: EDP Distribuição – Energia, S.A.

DTI – Direcção de Tecnologia e Inovação

R. Camilo Castelo Branco, 43 • 1050-044 LISBOA • Tel.: 210021500 • Fax: 210021444

E-mail: dnt@edp.pt

Divulgação: EDP Distribuição – Energia, S.A.

GBCO – Gabinete de Comunicação

Rua Camilo Castelo Branco nº 43 • 1050-044 LISBOA • Tel.: 210021684 • Fax: 210021635

ÍNDICE

0	INTRODUÇÃO	3
1	REDES DE MÉDIA TENSÃO	3
1.1	Linhas aéreas de MT	3
1.1.1	Postes.....	3
1.1.2	Armações	4
1.1.3	Equipamentos de rede aérea.....	5
1.1.4	Transições aéreo-subterrâneas	6
1.2	Linhas subterrâneas de MT	8
1.2.1	Subestações AT/MT	8
1.2.2	Rede MT	9
2	POSTOS DE TRANSFORMAÇÃO	10
2.1	Postos de transformação aéreos	10
2.1.1	Descarregadores de sobretensões (DST)	10
2.1.2	Armação HPT4, seccionador/interruptor-seccionador e TP	11
2.1.3	Plataformas de manobra, comando secc./int. - sec. e QGBT.....	12
2.1.4	Terra de protecção.....	13
2.1.5	Terra de serviço.....	13
2.2	Postos de transformação em cabina baixa.....	14
2.2.1	Circuito de terra de protecção (no interior do PT)	14
2.2.2	Terra de protecção.....	14
2.2.3	Terra de serviço.....	15
2.2.4	Terra única	15
3	REDES DE BAIXA TENSÃO	16
3.1	Redes aéreas de BT (em cabo torçada)	16
3.2	Redes subterrâneas de BT	17
3.2.1	Armários de distribuição.....	17
3.2.2	Terminações	17
3.2.3	Junções.....	19
3.3	Ramais aéreos e subterrâneos BT.....	19
3.3.1	Terminações	19
3.4	Redes subterrâneas de iluminação pública	20
3.4.1	Ligações à terra.....	21
4	NORMAS E DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA.....	22
	ANEXO A – DESENHOS (REDES DE MÉDIA TENSÃO)	23
	ANEXO B – DESENHOS (POSTOS DE TRANSFORMAÇÃO AÉREOS)	40
	ANEXO C – DESENHOS (POSTOS DE TRANSFORMAÇÃO EM CABINA BAIXA)	54
	ANEXO D – DESENHOS (REDES DE BAIXA TENSÃO)	59
	ANEXO E – DESENHOS (RAMAIS AÉREOS E SUBTERRÂNEOS BT)	66
	ANEXO F – DESENHOS (REDES SUBTERRÂNEAS DE IP)	68

0 INTRODUÇÃO

A presente parte do Guia Técnico de Terras tem por finalidade normalizar e uniformizar as ligações à terra das instalações de distribuição de energia (linhas aéreas e subterrâneas de MT, postos de transformação, redes aéreas e subterrâneas de BT, redes de iluminação pública e chegadas aéreas e subterrâneas de BT), que deverão ser executadas de acordo com a regulamentação em vigor e as boas regras técnicas descritas no presente Guia Técnico.

As principais alterações introduzidas pelo presente documento relativamente à anterior edição, são:

- Alterações introduzidas pelo Guia de coordenação de Isolamento (DRE-C10-001/N:2008):
 - Saídas de cabos subterrâneos de MT de subestações AT/MT;
 - Montagem de DST em seccionadores de linhas aéreas MT;
 - Montagem de DST em postos de transformação do tipo CB interligados a linhas aéreas.
- Alterações de algumas ligações à terra nas redes de BT:
 - Utilização de cabos VV 1G35 mm² com isolamento verde/amarela, nas interligações das barras de neutro do armários com os eléctrodos de terra;
 - Derivações subterrâneas;
 - Ligação à terra de luminárias.

1 REDES DE MÉDIA TENSÃO

1.1 Linhas aéreas de MT

Nas linhas aéreas de MT, toda a aparelhagem metálica (normalmente fora de tensão) necessária ao suporte dos condutores e ao seccionamento e protecção das linhas, têm de ser ligadas à terra. Assim, referimos neste capítulo as ligações à terra dos postes (betão e metálicos), armações, postes com equipamentos de rede aérea e postes com transições aéreo-subterrâneas. A totalidade dos desenhos com as ligações à terra pode ser consultada no anexo A do presente documento.

1.1.1 Postes

Os postes de betão devem ser ligados à terra, interligando-se o terminal de terra existente na parte inferior do poste (terminal TLT2) com o eléctrodo de terra, através de cabo de cobre nu de 35 mm².

O valor da resistência de terra não deve exceder 20 Ohm.

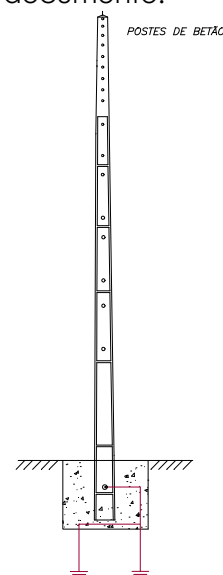


Fig. 1 – LAMT • Ligação aos eléctrodos de terra

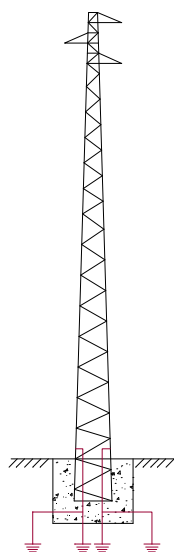


Fig. 2 – LAMT • Ligação aos electrodos de terra

Os postes de betão / metálicos instalados no interior de subestações AT / MT devem ser ligados à terra geral da subestação, através de cabo de cobre nu de 95 mm².

1.1.2 Armações

As armações em postes de betão de linhas aéreas de MT devem ser ligadas à terra através de fio de cobre de 16 mm² de secção.

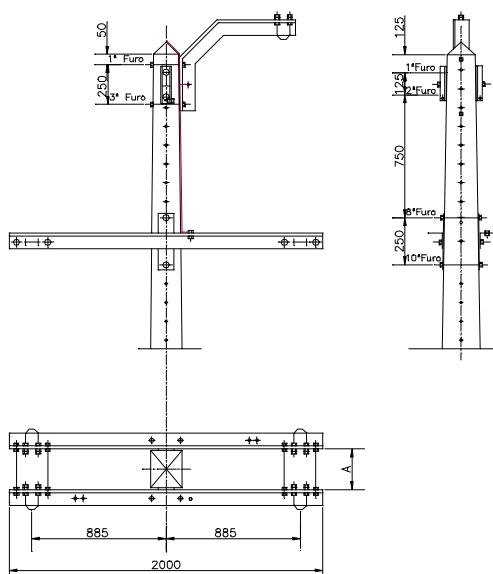


Fig. 4 – LAMT • Ligação da armação à terra

Os postes metálicos devem ser ligados à terra, interligando-se os terminais de terra existentes em cada um dos montantes aos electrodos de terra, e interligando-os entre si, através de cabo VV 1G35 mm², com bainha exterior preta e isolamento verde / amarela.

O valor da resistência de terra não deve exceder 20 Ohm.

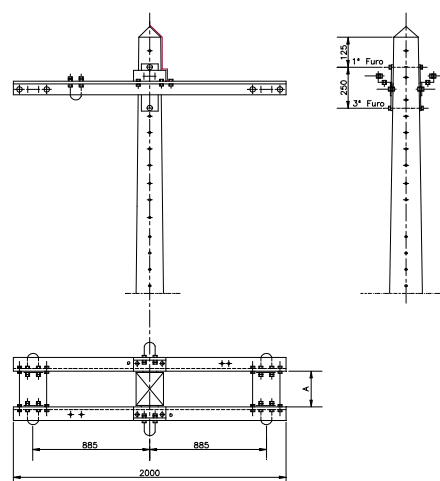


Fig. 3 – LAMT • Ligação da armação à terra

O fio de cobre de 16 mm² deve interligar todas as ferragens constituintes da armação nos pontos de ligação à terra, existentes em todas as ferragens.

Depois de interligar todas as ferragens, o fio de cobre de 16 mm² deve ligar ao terminal de terra superior do poste, através de um terminal apropriado.

Nos postes metálicos, não é necessário efectuar as ligações acima referidas.

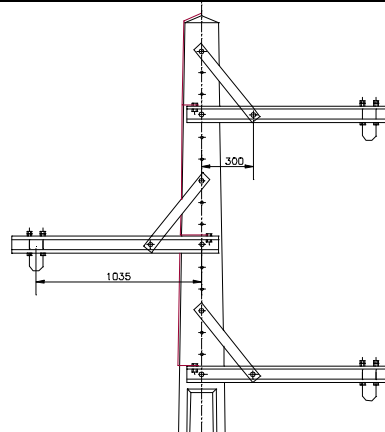


Fig. 5 – LAMT • Ligação da armação à terra

1.1.3 Equipamentos de rede aérea

Os seccionadores nas linhas aéreas de MT podem ser montados vertical ou horizontalmente e podem também ser montados em conjunto com órgãos de corte de rede (OCR). Em qualquer dos casos, a ligação à terra de todas as estruturas constituintes de um poste com equipamentos de rede aérea (seccionador / OCR) deve ser feita do seguinte modo:

- A armação (HRFSC/EDP) e o seccionador devem ser interligados entre si através de fio de cobre nu com 16 mm², ligando tudo ao terminal de terra superior do poste de betão. Nos postes metálicos, não é necessário efectuar estas ligações.
- A plataforma de manobra e a parte fixa do punho do comando do seccionador serão ligados ao terminal de terra inferior do poste (ligações independentes), a cabo de cobre nu de 35 mm², que no seu trajecto para o solo será protegido com tubo de PVC rígido de 25 mm de diâmetro e 10 Kgf/cm², com extremidade embebida no maciço.
- A parte móvel do punho de comando do seccionador ligará à parte fixa através de trança de cobre estanhada de 16 mm².
- A interligação do terminal de terra inferior do poste ao eléctrodo de terra deve ser executada a cabo VV 1G35 mm², com bainha exterior preta e isolamento verde/amarela.
- Em linhas aéreas com histórico de muitas interrupções devidas a sobretensões atmosféricas e em que se verifiquem contornamentos em seccionadores, deverão ser montados DST de ambos os lados em seccionadores normalmente abertos, ou só do lado da alimentação em seccionadores normalmente fechados (secção 7.3 e anexo H do DRE-C10-001/N). A ligação à terra dos DST far-se-á de acordo com o que foi prescrito para as transições aéreo-subterrâneas.

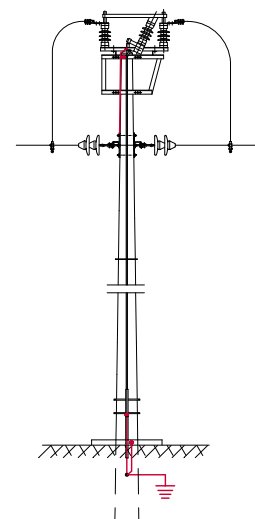


Fig. 6 – LAMT • Ligação à terra de poste com seccionador horizontal

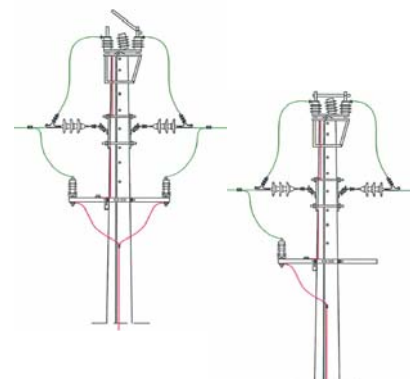


Fig. 6.1 – LAMT • DST em postes com seccionador horizontal

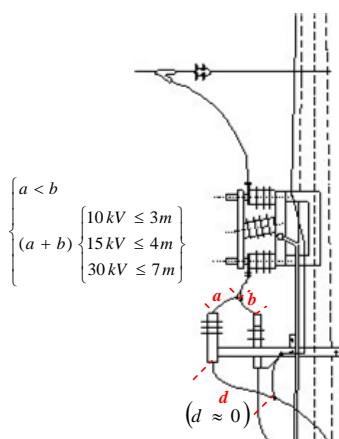
1.1.3.1 Telecomando na rede MT

Nos armários de telecomando, as ligações à terra devem fazer-se do seguinte modo:

Quando o armário é alimentado através de um transformador de tensão (TT) ligado entre fases, um dos terminais do secundário do TT é ligado à terra de protecção do poste para formar o neutro que liga ao armário. As partes metálicas do armário (normalmente fora de tensão) devem ser ligadas à terra de protecção do poste.

Quando o armário é alimentado através da rede de BT, teremos a presença das duas terras no armário: no neutro (terra de serviço) e nas partes metálicas fora de tensão (terra de protecção). Nestes casos deve garantir-se a separação entre as duas terras, que pode, por exemplo, ser conseguida através de um transformador de isolamento, ligado directamente na entrada da alimentação do armário, ou outro processo que garanta a efectiva separação entre as terras.

1.1.4 Transições aéreo-subterrâneas



Estas transições poderão ser executadas com ou sem seccionador (ligação ao seccionador ou às terminações do cabo e aos DST). Por facilidade de exploração da rede MT, esta ligação será executada directamente ao dispositivo a proteger (terminações) e derivará de um ponto dessa ligação para os DST. De acordo com o Guia de Coordenação de Isolamento (secções 4.3 e 8.1.3.1 do DRE-C10-001/N), as distâncias de ligação aos equipamentos a proteger deverão estar de acordo com as indicações constantes da figura ao lado, ou seja, $a < b$ e $a + b \leq 3m$ (10 kV), $a + b \leq 4m$ (15 kV), $a + b \leq 7m$ (30 kV) e $d \approx 0$.

Os descarregadores de sobretensões (DST), são ligados à terra através de cabo de cobre nu de 35 mm², que interliga sem curvas pronunciadas ou emendas, o terminal inferior do DST central ao terminal de terra inferior do poste. Os DST laterais são ligados ao cabo do DST central. O trajecto do cabo até ao solo deve fazer-se na face oposta à dos cabos de potência, ou da face do punho de comando do equipamento, por forma a garantir o isolamento entre estes circuitos. O circuito deve ser protegido por tubo de PVC rígido com 25 mm de diâmetro e 10 Kgf/cm² (2,50 m fora do solo e parte inferior embebida no maciço).

Na ligação do DST central ao terminal de terra inferior do poste deve ser executada, para uma efectiva protecção da aparelhagem que os DST se encontram a proteger (terminações), uma derivação entre esta ligação e o terminal de terra da ferragem de fim de cabo, também a cabo de cobre nu de 35 mm².

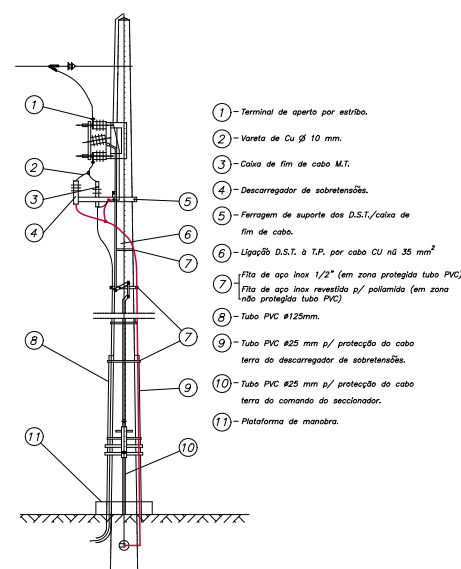


Fig. 7 – LAMT/LSMT • Ligação dos DST à terra

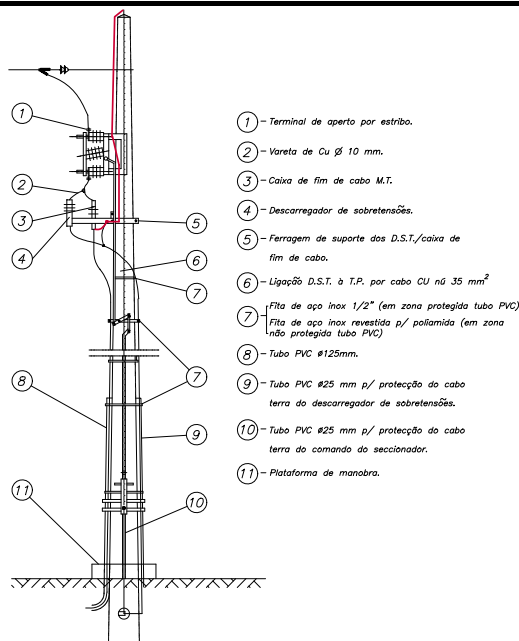


Fig. 8 – LAMT/LSMT • Ligação armç. + caixas + seccionador à terra

A parte fixa do punho do comando do seccionador e a plataforma de manobra devem ser ligadas ao terminal de terra inferior do poste (ligações independentes) através de cabo de cobre nu de 35 mm². Na ligação do punho do seccionador ao terminal de terra inferior do poste, o trajecto exterior do cabo é protegido por tubo de PVC rígido com 25 mm de diâmetro e 10 Kgf/cm² e parte inferior embebida no maciço. A parte fixa do comando é interligada com a parte móvel, através de trança de cobre estanhado de 16 mm².

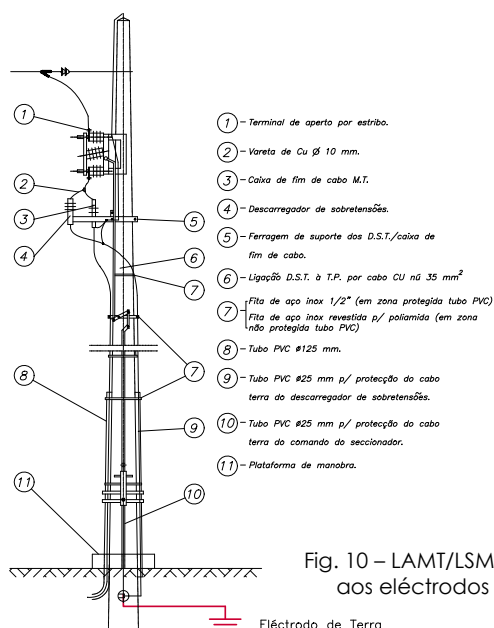


Fig. 10 – LAMT/LSMT • Ligação aos eléctrodos de terra

Nos postes de betão, o conjunto formado pela travessa de fim de cabo, o seccionador (incluindo o seu suporte) e a armação de amarração da linha aérea, devem ser interligados entre si e ligados ao terminal de terra superior do poste, a fio de cobre nu de 16 mm².

Nas terminações, as bainhas metálicas dos cabos devem ser ligadas à terra, de acordo as prescrições dos fabricantes, a trança de cobre estanhado de 16 mm², interligando-se as bainhas das três terminações com o borne de terra da travessa de fim de cabo.

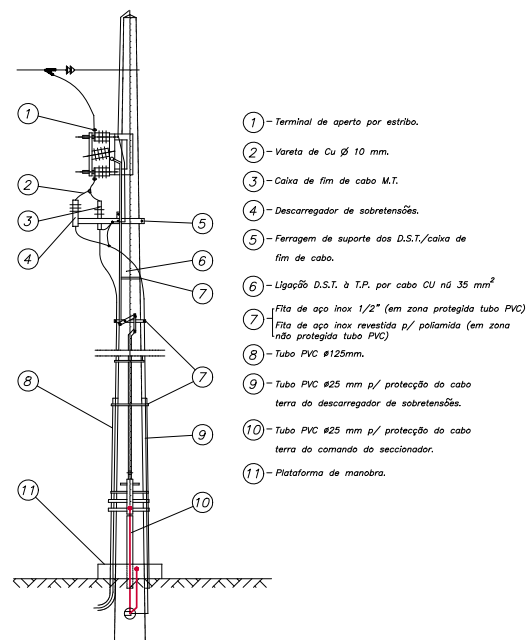


Fig. 9 – LAMT/LSMT • Ligação plataformas + comando do seccionador à terra

A ligação do terminal de terra inferior do poste ao eléctrodo de terra deve ser executada a cabo VV 1G35 mm², com bainha exterior preta e isolamento verde / amarela.

1.2 Linhas subterrâneas de MT

Quando utilizamos infra-estruturas subterrâneas de média tensão, temos como um dos constituintes mais importantes os cabos subterrâneos de MT. Estes cabos poderão utilizar óleo como bainha isolante (tecnologia mais antiga), ou por exemplo, polietileno reticulado (PEX) como constituinte dessa mesma bainha isolante (cabos secos actuais).

Para qualquer das constituições anteriormente referidas, quando ligamos ou interligamos cabos de média tensão, temos de utilizar terminações (ligação a aparelhagem de seccionamento e protecção) e junções simples ou junções de transição, nas interligações entre dois cabos. Quer nas terminações, quer nas junções e independentemente da tecnologia utilizada pelo respectivo fabricante, as bainhas metálicas (ecrãs metálicos) têm de ser ligadas à terra (terminações), ou tem de ser garantida a sua continuidade (junções simples e junções de transição).

1.2.1 Subestações AT/MT

A equipotencialização de todas as massas metálicas que normalmente não estejam em tensão, será assegurada pela da sua ligação directa à rede geral de terra da subestação, através de ligações apropriadas (as bainhas dos cabos MT serão interligadas com a rede geral de terra através de barra de cobre 40x5 mm). Assim, as bainhas metálicas dos cabos dentro da SE serão ligadas à terra nas duas extremidades, conforme projecto-tipo (edição de 2000). No entanto, este projecto-tipo encontra-se neste momento em revisão, pelo que esta prática poderá vir a ser eventualmente alterada.

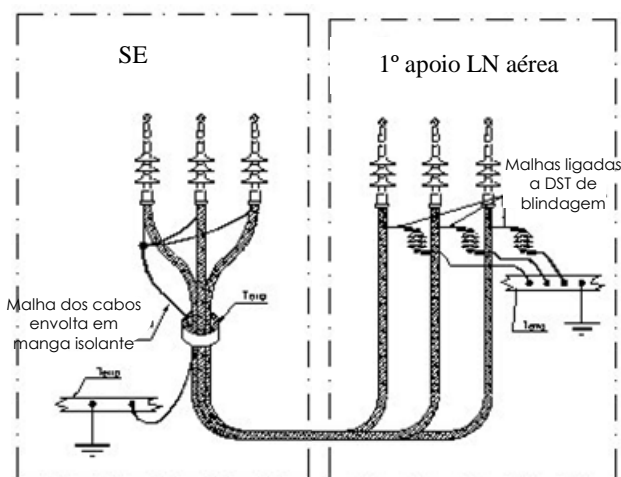


Fig. 11.1 – LAAT(MT)/LSAT(MT) • Ligação das bainhas dos cabos à terra

Na outra extremidade, na transição aéreo-subterrânea, as blindagens devem ser ligadas à terra através de DST de blindagem (1 por fase).

Caso a saída da SE seja ligada ao primeiro PT, em troço subterrâneo, a blindagem deste lado (o lado do PT) deve ficar isolada da terra, através de manga termorretráctil, evitando proximidade entre esta e a ligação à terra do ecrã semiconductor exterior, quando se tratar de uma terminação amovível.

Nas saídas MT de uma SE AT/MT ligadas á rede aérea ou ao primeiro PT (sempre em troço subterrâneo), as blindagens dos cabos de interligação devem ser ligadas à terra do lado da SE (celas dos QMMT, celas abertas ou painel exterior), depois de passarem pelo interior do toro relativo à protecção de terras resistivas.

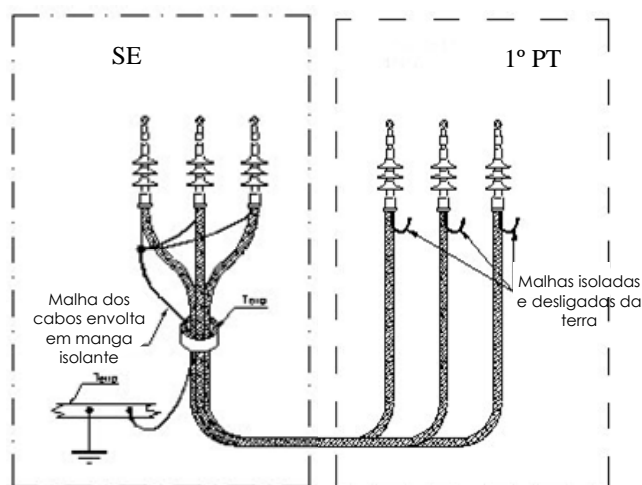


Fig. 11.2 – LAAT(MT)/LSAT(MT) • Ligação das bainhas dos cabos à terra

Para evitar que as bainhas possam entrar em contacto directo com partes metálicas antes de passar pelo toro, perturbando desta forma o funcionamento das protecções, as mesmas deverão ser envoltas em manga isolante, desde a caixa de cabo até ao colector de terra onde ficarão ligadas.

1.2.2 Rede MT

1.2.2.1 Terminações

Em PTD, PTC e PS, as extremidades dos cabos subterrâneos de MT têm de ser obrigatoriamente ligadas à terra, excepto no caso referido em 1.2.1. A ligação das bainhas à terra far-se-á de acordo com as instruções do fabricante e o tipo de cabo. Na ligação ao circuito de terra de protecção, utilizar-se-á a trança de cobre estanhado de 16 mm².

No caso de terminações amovíveis o ecrã semicondutor exterior da mesma, deverá ser ligada à terra de protecção da instalação.

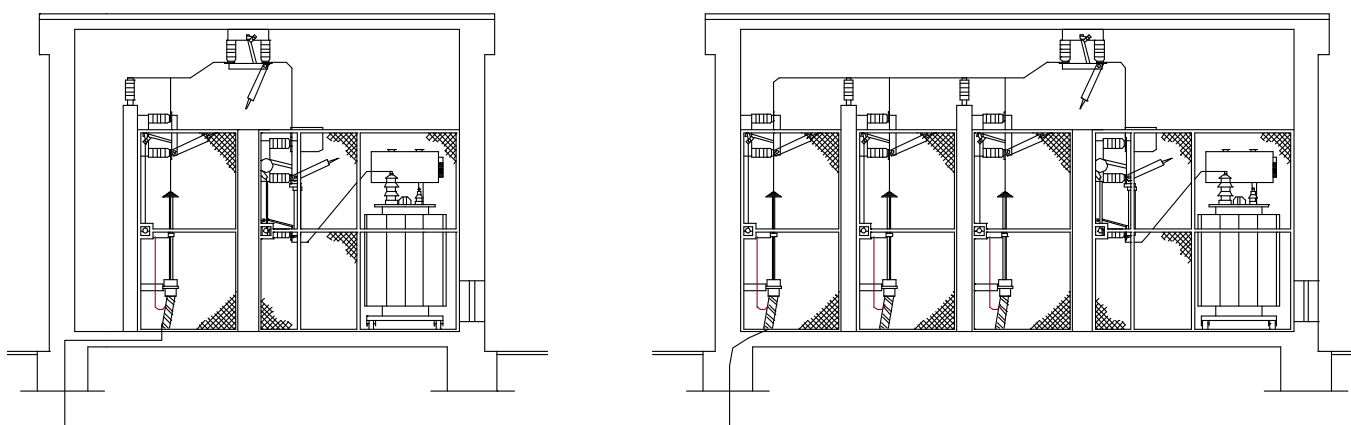


Fig. 12 – LSMT • Ligação das bainhas dos cabos à terra

1.2.2.2 Junções

Nas junções (simples ou de transição) deve ser dada continuidade às blindagens dos cabos, de acordo com os métodos prescritos pelos fabricantes dos acessórios. Caso esteja prevista a utilização de uma malha metálica, a sua fixação e ligação à blindagem dos cabos deve ser feita com braçadeiras de mola, de material metálico não magnético.



Fig. 13 – LSMT • Continuidade das blindagens dos cabos

2 POSTOS DE TRANSFORMAÇÃO

Os postos de transformação de distribuição MT/BT, cuja missão é transformar energia eléctrica MT (10 kV, 15 kV, ou 30 kV) em BT (400 - 231 V), são instalações constituídas por vários dispositivos e equipamentos, em que todas as partes metálicas (normalmente fora de tensão) terão de ser devidamente ligadas à terra de protecção.

O neutro da baixa tensão deve ser ligado à terra de serviço. Nas ligações à terra em instalações deste tipo (descritas nas secções 2.1 e 2.2 do presente documento), vamos considerar todas as suas versões (PT aéreos e PT em cabina baixa).

2.1 Postos de transformação aéreos

Os postos de transformação aéreos são montados em postes de betão, do tipo TP4 (TM04-2250-740), com 14 metros de altura, em que todos os equipamentos de que são constituídos serão montados adequadamente ao longo do poste. Por esse facto, as ligações de toda a aparelhagem devem ser feitas de acordo com especificações, que descrevemos ao longo da presente secção 2.1. A globalidade dos desenhos com as ligações à terra em todos os tipos de postos de transformação aéreos, poderá ser consultada no anexo B deste documento.

As ligações entre a linha aérea, os DST e os terminais do transformador de potência (PT tipo A), ou a ligação entre seccionador/interruptor-seccionador, os DST e os terminais do transformador de potência (PT tipos AS/AI) serão executados de acordo com os projectos-tipo e o acima prescrito na secção 1.1.4.

2.1.1 Descarregadores de sobretensões (DST)

Os descarregadores de sobretensões (DST), montados obrigatoriamente na cuba do transformador, devem ser ligados à terra através de cabo de cobre nu de 35 mm² de secção.

Este cabo vai ligar sem interrupções e curvas pronunciadas o terminal de terra inferior do DST central ao terminal de terra inferior do poste. Os DST laterais serão ligados ao cabo que interliga o DST central, através de conectores paralelos.

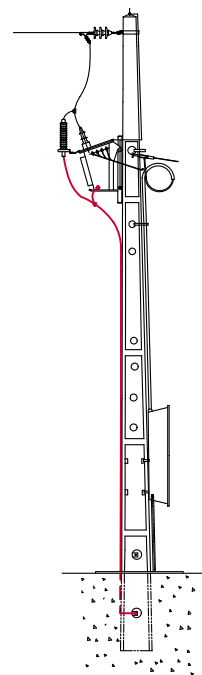


Fig. 14 – PT aéreo tipo A • Ligação dos DST à terra

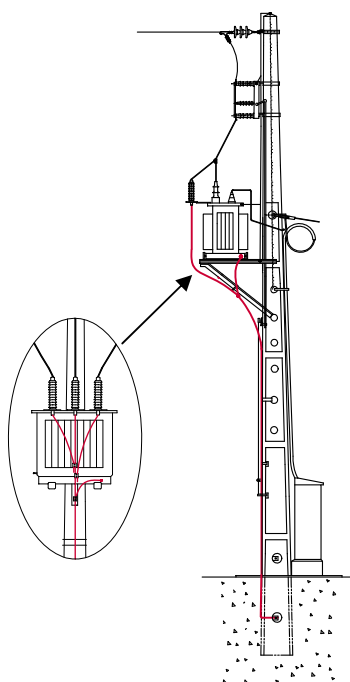


Fig. 15 – PT aéreo tipo AI • Ligação dos DST à terra

2.1.2 Armação HPT4, seccionador/interruptor-seccionador e TP

O conjunto formado pela armação HPT4, o seccionador (PT tipo AS) ou o interruptor - seccionador (PT do tipo AI), o transformador (tampa) e a respectiva ferragem de suporte (AI) / suspensão (A e AS), devem ser ligados à terra através de fio nu de cobre com 16 mm² de secção.

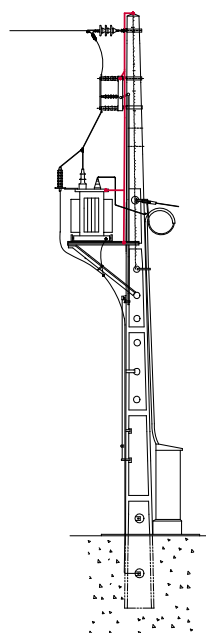


Fig. 17 – PT aéreo tipo AI • Ligação sup. e tampa TP + int.-sec. + armç. à terra

No seu trajecto o cabo será apoiado ao longo do poste por suportes de fixação adequados e protegido por tubo de PVC rígido, 25 mm de diâmetro e 10 Kgf/cm² (2,50 m fora do solo e parte inferior embebida no maciço).

A partir do cabo de interligação do DST central ao terminal de terra inferior do poste deve ser executada, para uma efectiva protecção da aparelhagem que os DST se encontram a proteger (transformador), uma derivação entre esta ligação e o borne de terra existente no transformador (cuba), também a cabo de cobre nu de 35 mm².

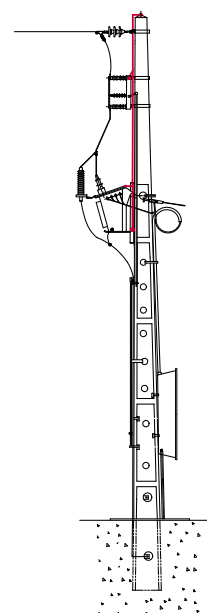


Fig. 16 – PT aéreo tipo AS • Ligação tampa e suporte TP + armação + seccionador, à terra

O fio de cobre nu de 16 mm² deverá interligar os dispositivos atrás descritos, constituintes dos vários tipos de postos de transformação aéreos e será ligado ao terminal de terra superior do poste.

2.1.3 Plataformas de manobra, comando secc./int. - sec. e QGBT

A(s) plataforma(s) de manobra, o barramento da terra de protecção do QGBT e a parte fixa do punho de comando do seccionador/interruptor - seccionador, devem ser ligados à terra separadamente, a cabo de cobre nu de 35 mm² de secção.

A parte móvel do punho de comando do seccionador/interruptor - seccionador, ligará à parte fixa através de trança de cobre estanhado de 16 mm².

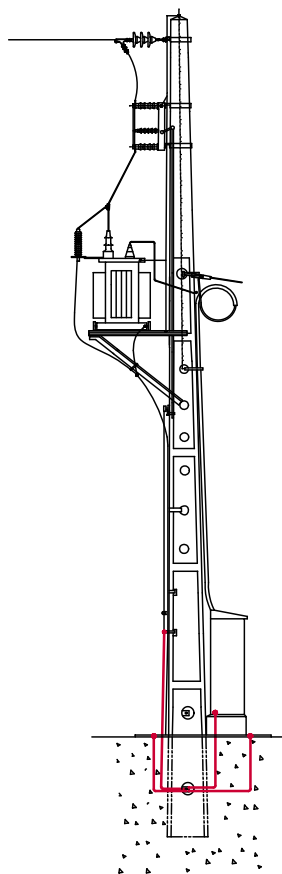


Fig. 19 – PT aéreo tipo AI • Ligação comando int.-sec. + plataformas + QGBT, à terra

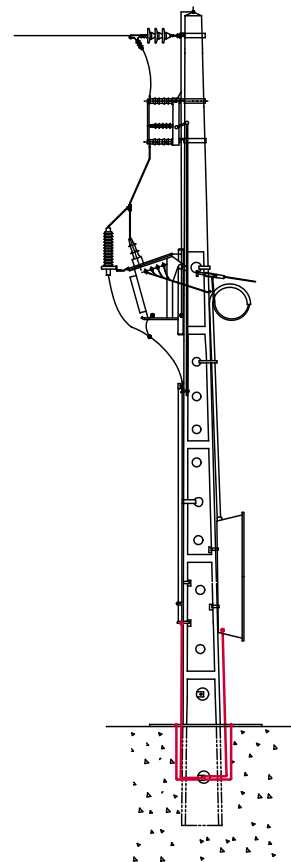


Fig. 18 – PT aéreo tipo AS • Ligação do comando Seccionador + plataformas + QGBT à terra

O cabo de cobre nu de 35 mm² ligará, sem interrupções, cada um dos elementos acima referidos ao terminal de terra inferior do poste.

No seu trajecto para o solo, a ligação entre a parte fixa do punho de comando do sec./ int. - sec. será protegida por tubo de PVC rígido de 25 mm de diâmetro e 10 Kgf/cm² (parte inferior embebida no maciço).

2.1.4 Terra de protecção

A ligação ao eléctrodo de terra de protecção referente aos postos de transformação aéreos será feita a cabo VV 1G35 mm² com a bainha exterior preta e isolamento verde/amarela.

A ligação deve ser feita sem interrupções e será estabelecida entre o terminal de terra inferior do poste de betão do PT e o eléctrodo de terra.

O valor da resistência da terra de protecção não deverá exceder 20 *Ohm*.

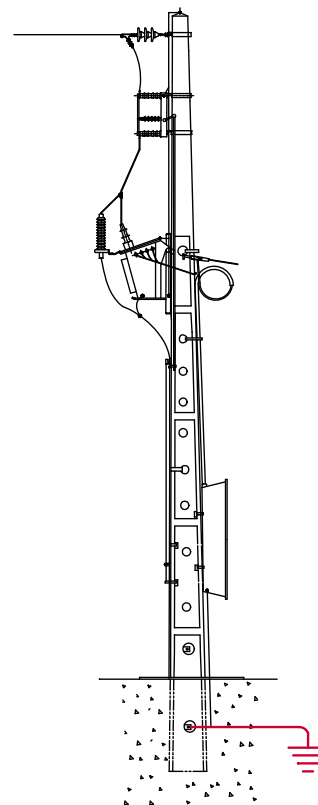


Fig. 20 – PT aéreo tipo AS • Ligação aos eléctrodos de terra

2.1.5 Terra de serviço

Nos PT que apenas alimentam redes aéreas BT, a terra de serviço será feita nos primeiros postes de cada uma das saídas.

Nos PT que alimentam redes subterrâneas, caso dos de tipo AI, a terra de serviço pode ser feita no PT, sendo a ligação ao eléctrodo feita a partir do barramento de neutro do QGBT, a cabo VV 1G35 mm², com bainha exterior preta e isolamento azul.

A distância entre os eléctrodos da terra de protecção e da terra de serviço deverá ser maior ou igual a 20 metros.

A resistência global da terra de serviço não deverá exceder 10 *Ohm*.

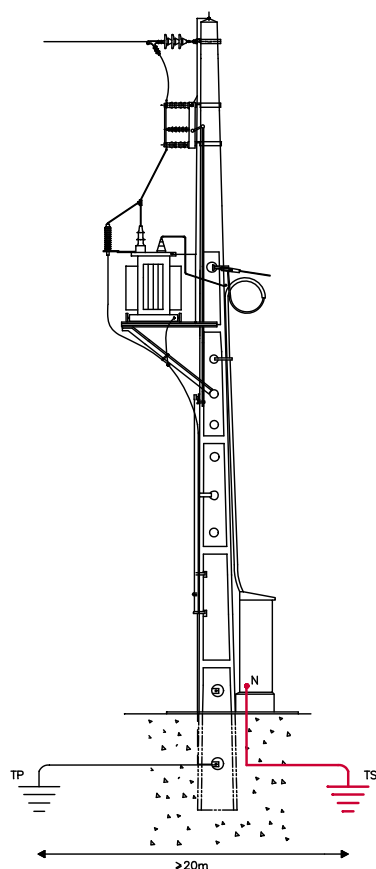
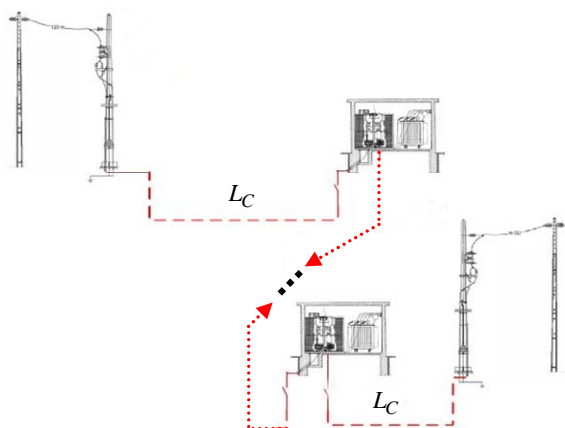


Fig. 21 – PT aéreo tipo AI • Ligação do neutro à terra

2.2 Postos de transformação em cabina baixa

Neste tipo de postos de transformação vão predominar as cabinas em alvenaria e pré-fabricadas. Os desenhos com todas as ligações à terra encontram-se no anexo C do presente documento.



Nos postos de transformação cabina baixa ligados a linhas aéreas de média tensão (ver figura ao lado), deverão ser instalados DST no posto de transformação quando os troços subterrâneos que os interligam à linha aérea estiverem dentro das condições que a seguir se discriminam (secção 8.2.2.1 do DRE-C10-001/N):

$$\begin{cases} L_C \geq 50 \text{ m} \therefore \begin{cases} 10 \text{ kV} \\ 15 \text{ kV} \end{cases} \\ L_C \geq 70 \text{ m} \therefore 30 \text{ kV} \end{cases}$$

2.2.1 Circuito de terra de protecção (no interior do PT)

Este circuito deve ser estabelecido a fio de cobre nu de 16 mm², assente até ao ligador amovível em abraçadeiras de latão niquelado com as características adequadas ao seu percurso.

O circuito referido interligará todas as partes metálicas (normalmente fora de tensão), dos seccionadores e combinados (celas em SF₆ ou corte no ar) e respectivos comandos, o transformador de potência (cuba e tampa), porta do PT e redes de vedação das celas (as partes móveis são ligadas com trança de cobre 16 mm²), o QGBT e as persianas de ventilação.

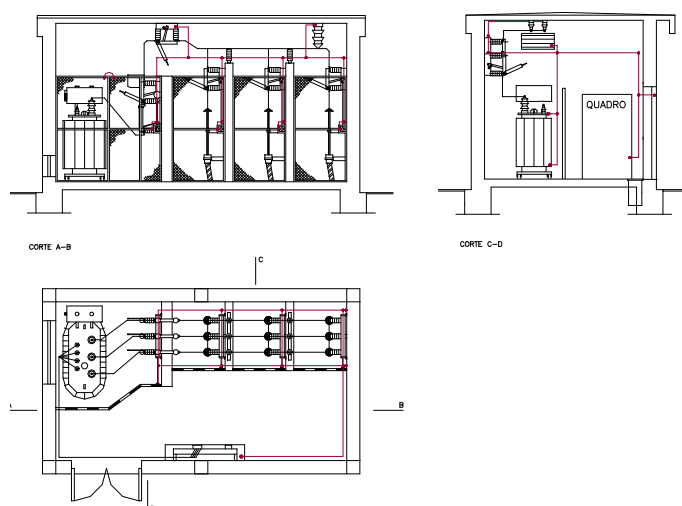


Fig. 22 – PT tipo CB • Ligação das partes metálicas à terra de protecção

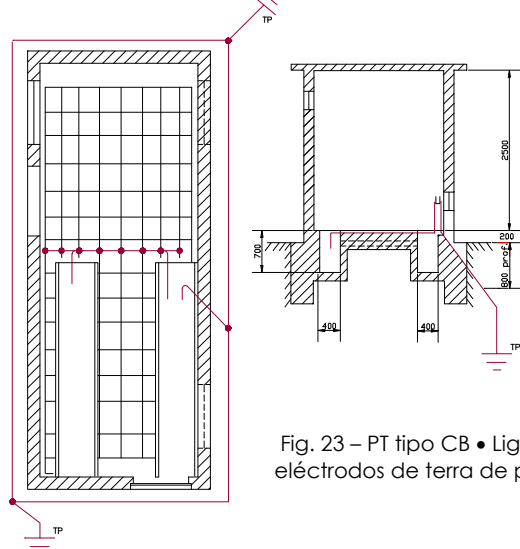


Fig. 23 – PT tipo CB • Ligação aos electrodos de terra de protecção

2.2.2 Terra de protecção

A ligação entre o ligador amovível (constituído por uma barra de cobre com 30x5 mm fixa em dois pernos) e o eléctrodo de terra será executada a cabo VV 1G35 mm², com a bainha exterior preta e a isolamento verde/amarela. Deverão interligar-se os eléctrodos da terra de protecção.

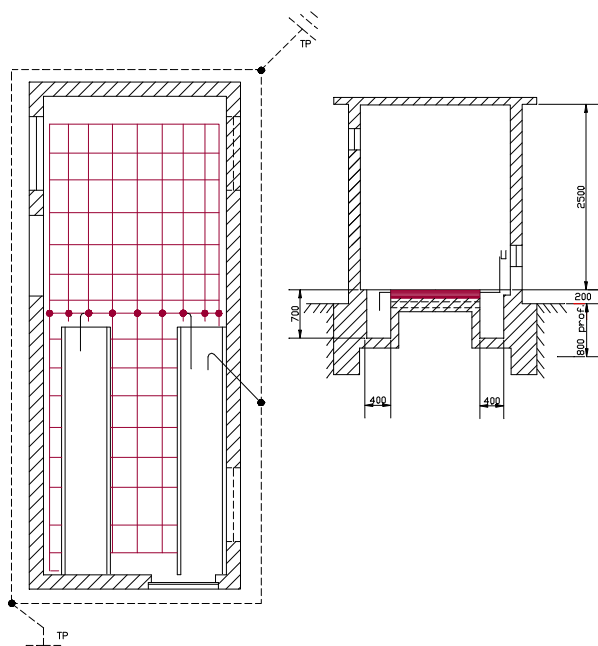


Fig. 24 – PT tipo CB • Ligação da malha equipotencial à terra

2.2.3 Terra de serviço

A terra de serviço será executada a uma distância igual ou superior a 20 metros da terra de protecção.

A interligação entre o barramento de neutro do quadro geral de baixa tensão (QGBT) e o eléctrodo de terra será executada a cabo VV 1G35 mm², com bainha exterior preta e isolamento azul.

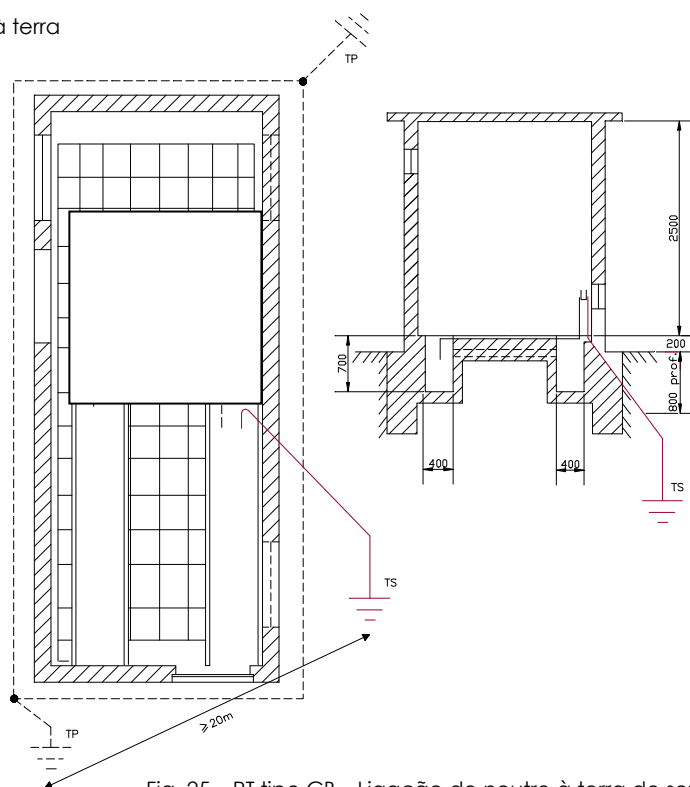


Fig. 25 – PT tipo CB • Ligação do neutro à terra de serviço

2.2.4 Terra única

De acordo com o Regulamento de Segurança de Subestações e Postos de Transformação e Seccionamento (Decreto n.º 42895 de 60/03/31 e com as alterações introduzidas pelos Decretos Regulamentares n.º 14/77 de 18 de Fevereiro e n.º 56/85 de 6 de Setembro) poder-se-á optar nos PT MT/BT pelo estabelecimento de uma terra geral única (interligação da terra de serviço com a terra de protecção), tal como se faz nas subestações AT/MT, desde que a resistência global de terra seja igual ou inferior a 1 Ohm.

3 REDES DE BAIXA TENSÃO

Estão contemplados neste capítulo todas as ligações à terra referentes às redes de BT estabelecidas entre o PT e as portinholas de chegada aos consumidores finais BT. Tal como na média tensão, também as redes de baixa tensão poderão ser aéreas ou subterrâneas, com características semelhantes.

Nas redes de BT e relativamente às ligações à terra do neutro da rede e das massas metálicas (normalmente fora de tensão), o Regulamento de Segurança de Redes de Distribuição em Baixa Tensão (Decreto Regulamentar n.º 90/84 de 26 de Dezembro), estabelece que o neutro deve ser ligado directamente à terra [artigos 13º, 134º e alínea a) do n.º 1 do art. 135º] e que as massas metálicas deverão ser ligadas ao neutro [alínea b) do n.º 1 do art. 135º]. Este é o tipo de actuação regulamentar e que deve ser utilizado em todos os tipos de redes de BT, razão pela qual neste Guia Técnico será designado por “caso geral”.

No entanto, historicamente, nas áreas urbanas da Grande Lisboa e do Grande Porto, foram construídas redes, geralmente subterrâneas, caracterizadas por ter terras separadas em que o neutro é ligado a uma terra de serviço e as massas metálicas são ligadas a uma de protecção, distinta da primeira. Hoje em dia, nas áreas urbanas atrás citadas e devido ao grande crescimento e concentração das redes de BT, já não se consegue uma separação efectiva entre as duas terras, optando-se pela interligação das mesmas, constituindo-se uma única terra. Todos os desenhos ilustrativos das ligações à terra nas redes de BT podem ser consultados no anexo D do presente documento.

3.1 Redes aéreas de BT (em cabo torçada)

Nas redes aéreas de BT, as ligações à terra são feitas de acordo com a actuação definida para o caso geral, sendo o neutro ligado à terra em vários postes ao longo do trajecto da rede (pontos singulares da rede tais como derivações, fins-de-linha, etc., e distâncias não superiores a 300 m nas canalizações principais).

O condutor de neutro dos cabos torçada será ligado, sem interrupções, até aos eléctrodos de terra através de cabo VV 1G35 mm², com bainha exterior preta e isolamento verde/amarela.

A resistência global da terra de neutro, por cada saída do posto de transformação, não deverá exceder $10\ \Omega$.

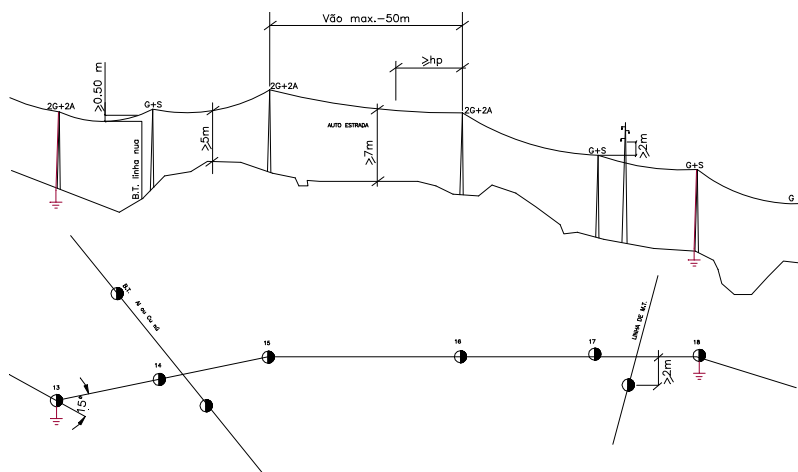


Fig. 26 – RABT • Ligação do neutro à terra

Os cabos mais utilizados na distribuição de energia eléctrica em baixa tensão são os cabos torçada do tipo LXS (0,6 kV / 1 kV), que não são providos de armaduras ou bainhas metálicas, pelo que não terão de ser ligadas à terra.

3.2 Redes subterrâneas de BT

As ligações à terra nas redes subterrâneas de BT serão feitas do seguinte modo:

3.2.1 Armários de distribuição

3.2.1.1 Terra de neutro

O neutro deve ser directamente ligado à terra em todos os armários de distribuição. A ligação da barra de neutro dos armários de distribuição (com a marcação PEN) ao eléctrodo de terra deve ser executada através de cabo VV 1G35 mm², com bainha exterior preta e isolamento verde/amarela. As massas, nomeadamente, as armaduras e o suporte dos cabos, devem ser ligados à barra de neutro através de um condutor de cobre (e.g., uma trança de cobre estanhado) com secção de 16 mm². A ligação do neutro à terra aplica-se quer ao caso geral quer ao caso particular. A resistência global de terra de neutro não deve exceder 10 Ohm.

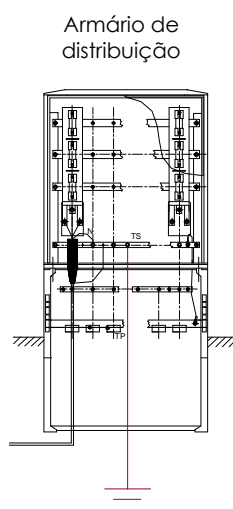


Fig. 27 – RSBT • Lig. neutro à terra (c. geral)

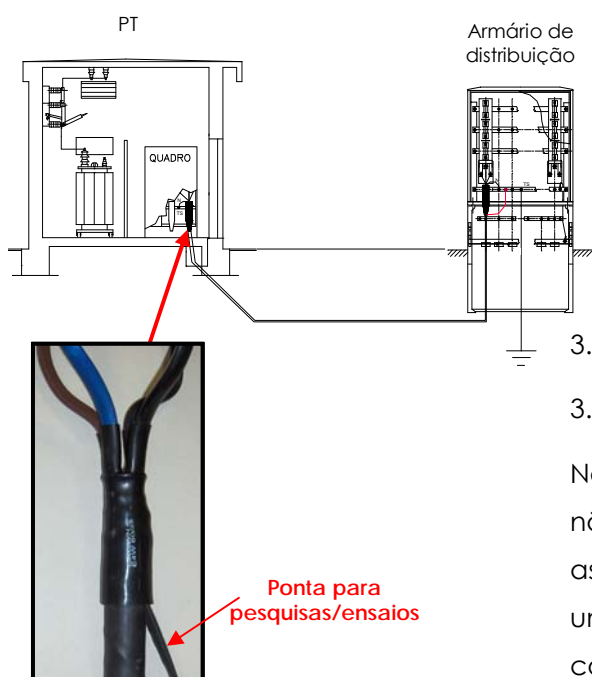


Fig. 28 – RSBT • Lig. das terminações à terra

3.2.2 Terminações

A ligação das armaduras dos cabos à terra deve ser feita de acordo com as orientações que se seguem. A fixação e ligação das tranças de cobre às armaduras dos cabos devem ser realizadas através de braçadeiras ou fitas metálicas.

3.2.2.1 Terminações em PT

3.2.2.1.1 Caso geral

No lado do posto de transformação as armaduras dos cabos não são ligadas à terra, para evitar contactos fortuitos entre as terras de protecção e de serviço. Nesta ponta, deixar-se-á uma ligação à armadura do cabo, realizada em trança de cobre de 16 mm², com um comprimento máximo de 12 cm fora da terminação, para efeitos de pesquisas de avarias.

Essa ponta será executada de acordo com o definido no documento DRE-C33-800/N e será isolada com manga termorretráctil flexível [desde o interior da terminação (2 cm), até à ponta da trança de cobre, envolvendo-a]. Para a realização das pesquisas/ensaios, o acesso ao terminal da trança e a reposição do isolamento, depois de feito o trabalho, será também executado conforme está estabelecido no mesmo documento (DRE-C33-800/N).

3.2.2.1.2 Caso particular

No lado do posto de transformação, quando este for dotado de terra única, as armaduras dos cabos deverão ser ligadas à terra através de trança de cobre estanhado de 16 mm².

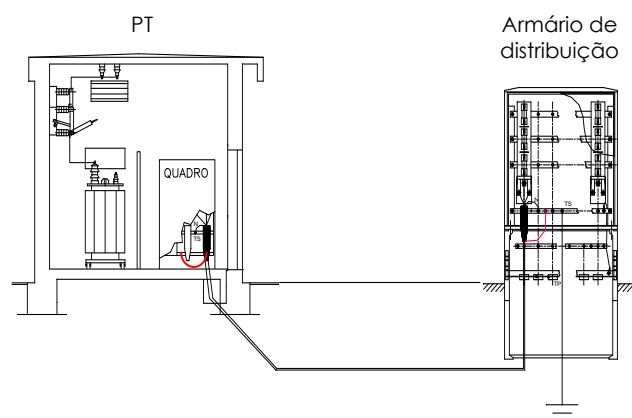


Fig. 29 – RSBT • Ligação das terminações à terra (c. particulares)

3.2.2.2 Terminações em armários de distribuição

Nos armários de distribuição, as armaduras dos cabos são ligadas à barra de neutro, através de trança de cobre estanhado de 16 mm².

Em troços de cabo subterrâneo estabelecidos entre armários de distribuição, as armaduras dos cabos serão ligadas à terra nas duas extremidades.

3.2.2.3 Terminações em transições aéreo-subterrânea

No poste onde se verifica a transição aéreo-subterrânea (saídas de postos de transformação ou de armários de distribuição), será montada uma caixa de protecção de redes de BT (1E+2S), onde se ligará o cabo subterrâneo. A armadura deste cabo será ligada ao barramento de neutro da caixa, através de trança de cobre estanhado de 16 mm².

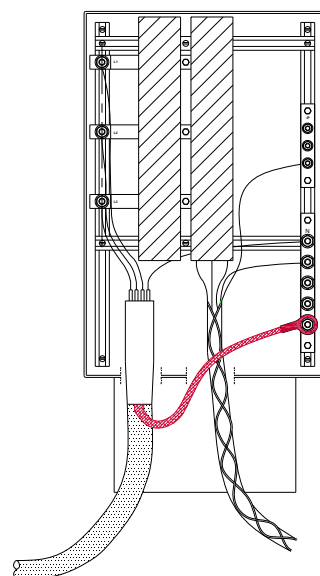


Fig. 30 – RSBT/RABT • Ligação terminaç. em transiç. aéreo-subterr.

3.2.3 Derivações e Junções subterrâneas

Nas derivações e nas junções deve ser dada continuidade eléctrica às armaduras dos cabos, de acordo com os métodos definidos pelos fabricantes dos acessórios. Nos acessórios em resina, a continuidade eléctrica das armaduras deve ser feita com condutores de cobre isolados (e.g., trança de cobre isolada) com secção de 16 mm². A fixação e ligação dos condutores de continuidade eléctrica às armaduras dos cabos devem ser realizadas através de braçadeiras ou fitas metálicas.

3.3 Ramais aéreos e subterrâneos BT

Os ramais aéreos e subterrâneos de BT são elementos da rede de distribuição pública de BT que terminam nas portinholas das instalações a alimentar.

Todos os desenhos referentes às ligações à terra das portinholas podem ser consultados no anexo E do presente documento.

Nas portinholas, o neutro da rede não é ligado localmente à terra.

3.3.1 Terminações

A ligação das armaduras dos cabos à terra deve ser feita de acordo com as orientações que se seguem. A fixação e a ligação das tranças de cobre às armaduras dos cabos devem ser realizadas através de braçadeiras ou fitas metálicas. Para efeitos da aplicação do presente guia, foram apenas consideradas portinholas/quadros de entrada montados em fábrica, com isolamento total.

3.3.1.1 Ramais alimentados directamente a partir de PT

3.3.1.1.1 Caso geral

Em ramais subterrâneos estabelecidos directamente entre um PT e uma portinhola, a armadura do cabo será ligada à barra de neutro da portinhola [P100 ou P400 (ou excepcionalmente ao quadro de entrada, desde que permanentemente acessível e quando desempenhe as funções de órgão de corte)], através de trança de cobre de 16 mm², devendo ser isolada do lado do PT (equipada com ponta para pesquisas/ensaios, descrita na secção 3.2.2.1.1 do presente documento).

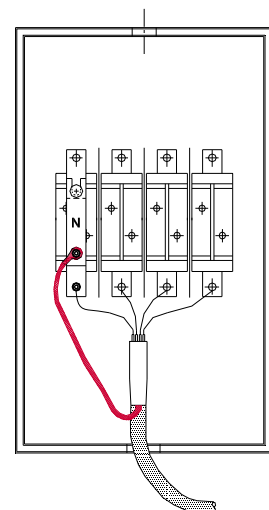


Fig. 31 – Ramais BT • Ligação das termin. à terra

3.3.1.1.2 Caso particular

Em ramais subterrâneos estabelecidos directamente entre um PT dotado de terra única e uma portinhola, a armadura do cabo deverá ser ligada à terra do lado do PT, através de trança de cobre estanhado de 16 mm², e deverá ser isolada do lado da portinhola.

3.3.1.2 Ramais alimentados directamente a partir de um armário de distribuição

Em ramais estabelecidos entre um armário de distribuição e uma portinhola, a armadura do cabo será ligada à terra no lado do armário, através de trança de cobre estanhado de 16 mm² e será isolada na extremidade do lado da portinhola.

3.3.1.3 Ramais alimentados a partir da rede aérea

Em ramais subterrâneos, estabelecidos entre uma rede aérea e uma portinhola (P50 ou P100), a armadura do cabo será isolada do lado da rede aérea e ligada à barra de neutro da portinhola, através de trança de cobre estanhado de 16 mm².

3.3.1.4 Casos especiais

Em situações especiais, designadamente moradias geminadas em banda ou edifícios bifamiliares com entradas independentes, alimentadas a partir da rede subterrânea, a EDP poderá dispensar a instalação da portinhola desde que a alimentação seja feita a partir de uma caixa de distribuição da rede subterrânea, colocada no muro da propriedade do(s) cliente(s) (DMA-C62-810/N), na qual é feita a protecção dos ramais contra sobreintensidades, e desde que a caixa de contagem esteja igualmente situada no mesmo muro (próximo desta). Nestes casos, a armadura do cabo será ligada à barra de neutro da caixa de distribuição.

3.4 Redes subterrâneas de iluminação pública

As redes subterrâneas de IP são redes de distribuição em baixa tensão que alimentam exclusivamente luminárias montadas em colunas de betão ou metálicas.

Atendendo à especificidade dos equipamentos em presença (coluna, quadro eléctrico de coluna de IP e luminária), as ligações à terra devem ser efectuadas de acordo com o que a seguir se descreve.

Todos os desenhos das ligações à terra dos vários dispositivos e equipamentos podem ser consultados no anexo F do presente documento.

3.4.1 Ligações à terra

3.4.1.1 Colunas

A ligação à terra deve ser efectuada em todas as colunas de IP. Os eléctrodos de terra serão interligados com o terminal de terra do fuste da coluna de IP, através de cabo VV 1G35 mm², com bainha exterior preta e isolamento verde/amarelo.

O valor da resistência global de terra deve ser igual ou inferior a 10 *Ohm*.

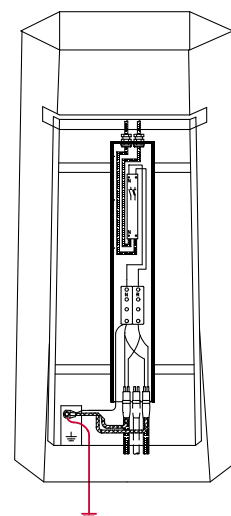


Fig. 32 – RSIP • Ligação terminal terra do fuste à terra

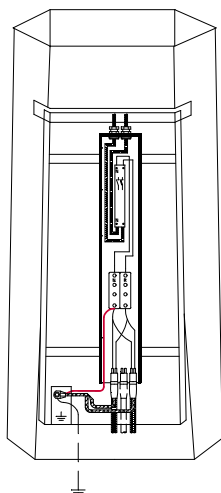


Fig. 33 – RSIP • Ligação do quadro de IP à terra do fuste

Para ligação do neutro à terra deverá estabelecer-se a ligação entre o terminal de neutro do quadro de IP instalado dentro do fuste da coluna com o terminal de terra do fuste, através de cabo H07V-R de 16 mm² de secção, com isolamento verde/amarelo.

3.4.1.2 Terminações

As armaduras devem ser ligadas à terra (no terminal de terra do fuste da coluna) através de trança de cobre estanhado de 16 mm² de secção. A fixação e a ligação das tranças de cobre às armaduras dos cabos devem ser realizadas através de braçadeiras ou fitas metálicas.

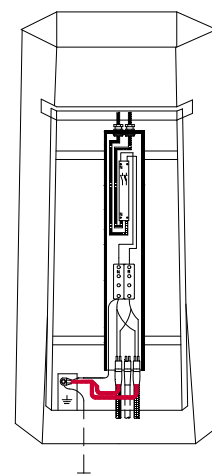


Fig. 34 – RSIP • Ligação das termin. dos cabos à terra

Nos troços da rede de IP estabelecidos entre colunas, as armaduras dos cabos devem ser ligadas à terra nas duas extremidades. Exceptua-se a esta regra o primeiro troço, estabelecido entre o PT e a primeira coluna, em que a ligação à terra se fará no quadro eléctrico de coluna de IP, sendo a extremidade do lado do PT isolada para o caso geral (equipada com ponta para pesquisas/ensaios, descrito na anterior secção 3.2.2.1.1).

Nos casos particulares de PT dotados de terra única, as armaduras dos cabos entre o PT e a primeira coluna serão ligados à terra nas duas extremidades.

3.4.1.3 Derivações e junções subterrâneas

Nas derivações e nas junções deve ser dada continuidade eléctrica às armaduras dos cabos, de acordo com os métodos definidos pelos fabricantes dos acessórios. Nos acessórios em resina, a continuidade eléctrica das armaduras deve ser feita com condutores de cobre isolados (e.g., trança de cobre isolada), com secção de 16 mm². A fixação e ligação dos condutores de continuidade eléctrica às armaduras dos cabos devem ser realizadas através de braçadeiras ou fitas metálicas.

3.4.1.4 Luminárias

Nas luminárias da classe I devem-se interligar os terminais de terra e de neutro, através de um condutor isolado de cobre com secção não inferior a 2,5 mm².

A alimentação das luminárias com classe II de isolamento deve ser feita com o cabo H05VV - F 2G1,5 mm². Admite-se a utilização do cabo H05VV - F 3G1,5 mm², desde que os condutores de protecção (cor verde/amarela) e de neutro (cor azul) sejam ambos ligados ao terminal de neutro da luminária.

4 NORMAS E DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA

Para efeitos do presente Guia Técnico de Terras foram tidos em consideração os seguintes documentos:

CEI 60099 - 5 (1996)	Surge Arresters. Part 5 – Selection and Application Recommendation
DRE-C10-001/N (2008)	Manual de Coordenação de Isolamento
DRE-C17-001/E (1999)	Manual de Terras da Distribuição
DRE-C65-110/R (2004)	Materiais de protecção da rede e seus acessórios
DMA-C67-215/N (2004)	Postes de betão para redes de MT
DMA-C67-010/N (2004)	Postes de aço reticulado da série F para linhas aéreas de MT
DMA-C67-212/N (2001)	Postes de betão para PT aéreos
DMA-C13-910/N (2004)	Postos de Transformação MT/BT de distribuição pública. Cabinas pré-fabricadas de betão armado
DMA-C67-205/N (2000)	Postes de betão para redes de BT
DMA-C62-801/N (2003)	Aparelhagem de BT. Armários de distribuição
R S L E A T	Regulamento de Segurança de Linhas Eléctricas de Alta Tensão
R S S T T S	Regulamento de Segurança de Subestações e Postos de Transformação e Seccionamento
R S R D E E B T	Regulamento de Segurança de Redes de Distribuição de Energia Eléctrica em Baixa Tensão
D G G E	Recomendações para linhas aéreas de Alta Tensão, até 30 kV
D G G E	Projecto-tipo de Postos de Transformação em cabina baixa dos tipos CBU e CBL
D G G E	Guia Técnico de redes aéreas de Baixa Tensão em condutores isolados agrupados em feixe torçadas
D G G E	Guia Técnico de armários de distribuição e seus maciços de fundação
D G G E	Projecto-tipo de Postos de Transformação aéreos dos tipos AI-1 e AI-2
D G G E	Projecto-tipo de Postos de Transformação aéreos dos tipos A e AS

ANEXO A

DESENHOS

(REDES DE MÉDIA TENSÃO)

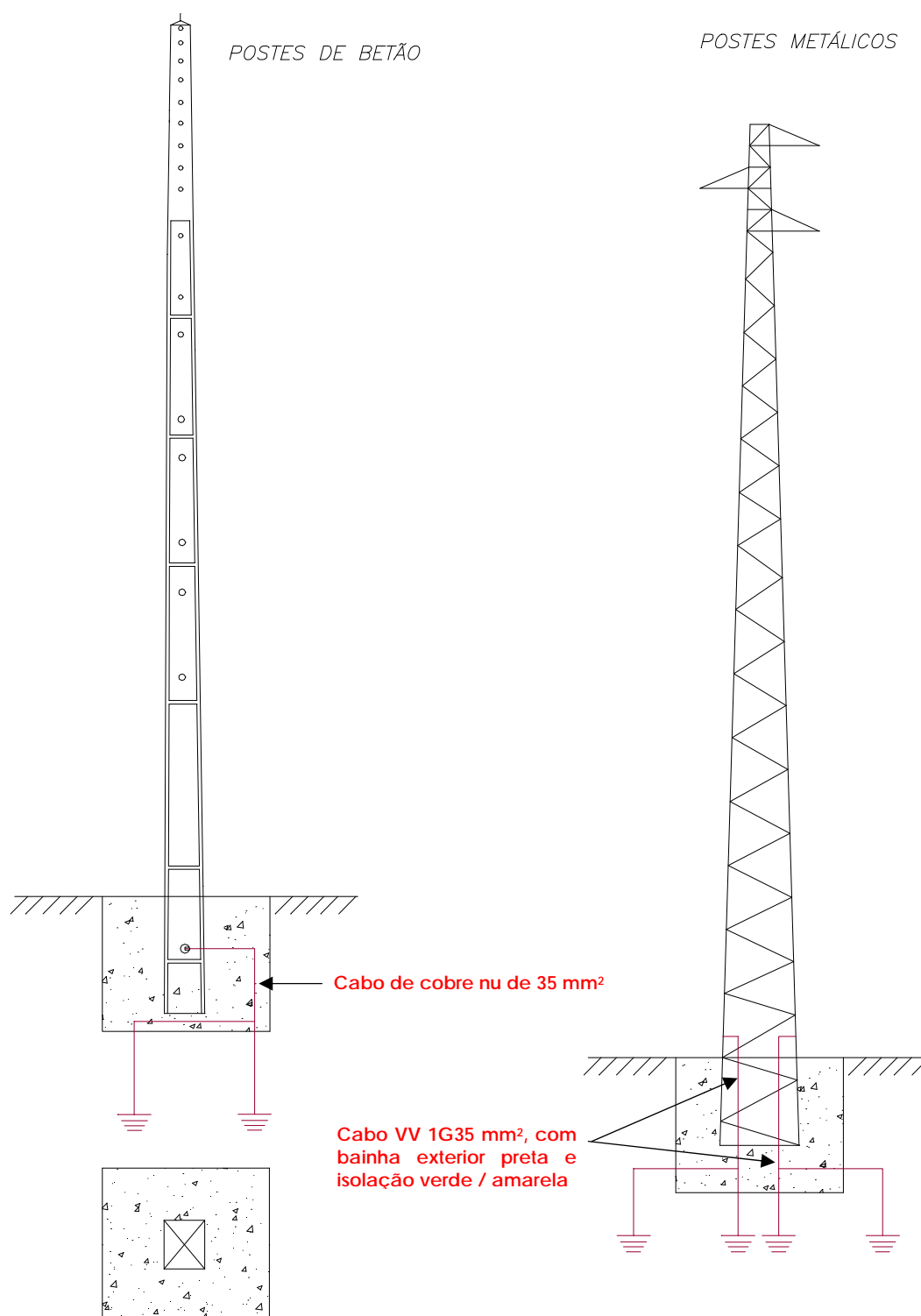
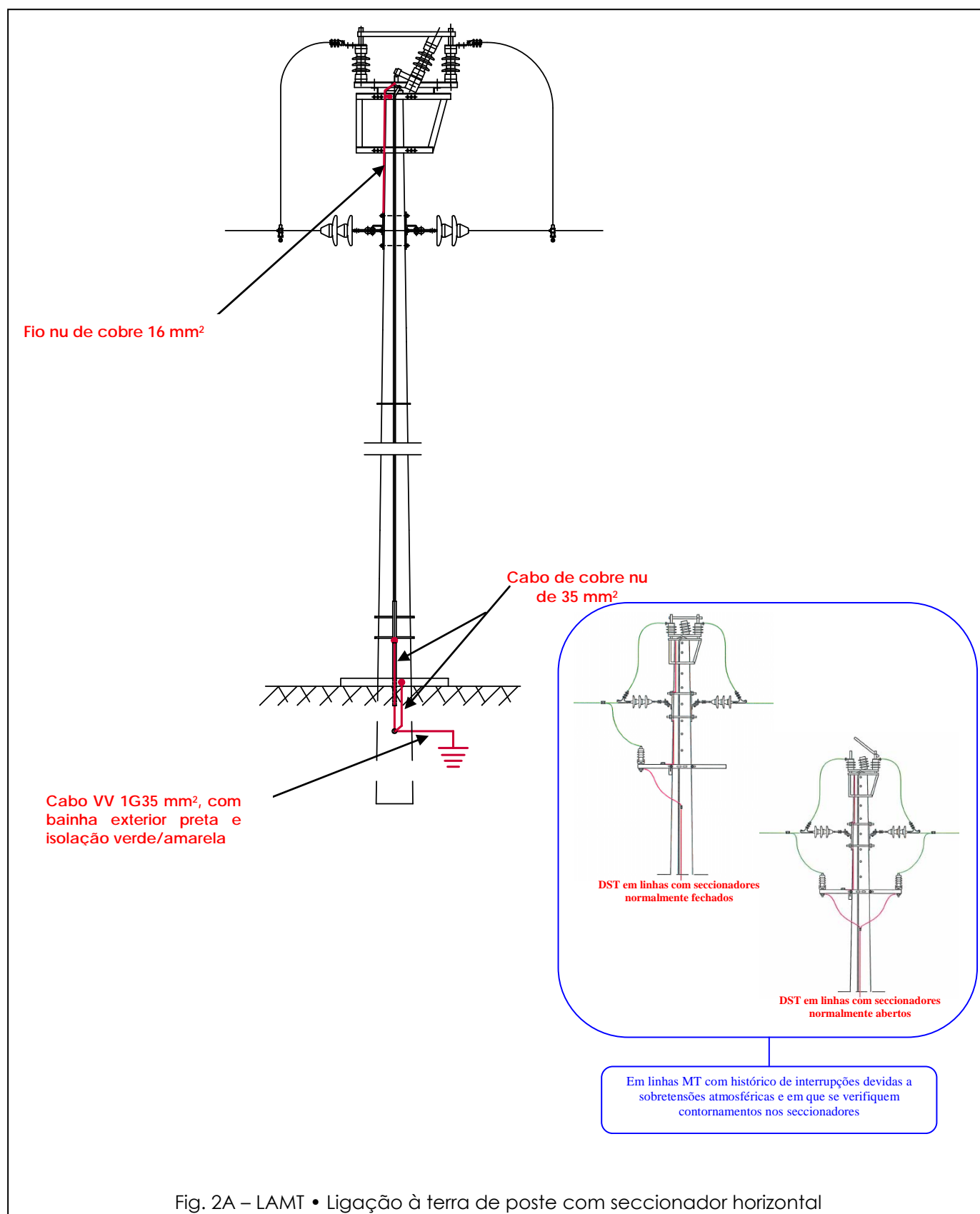
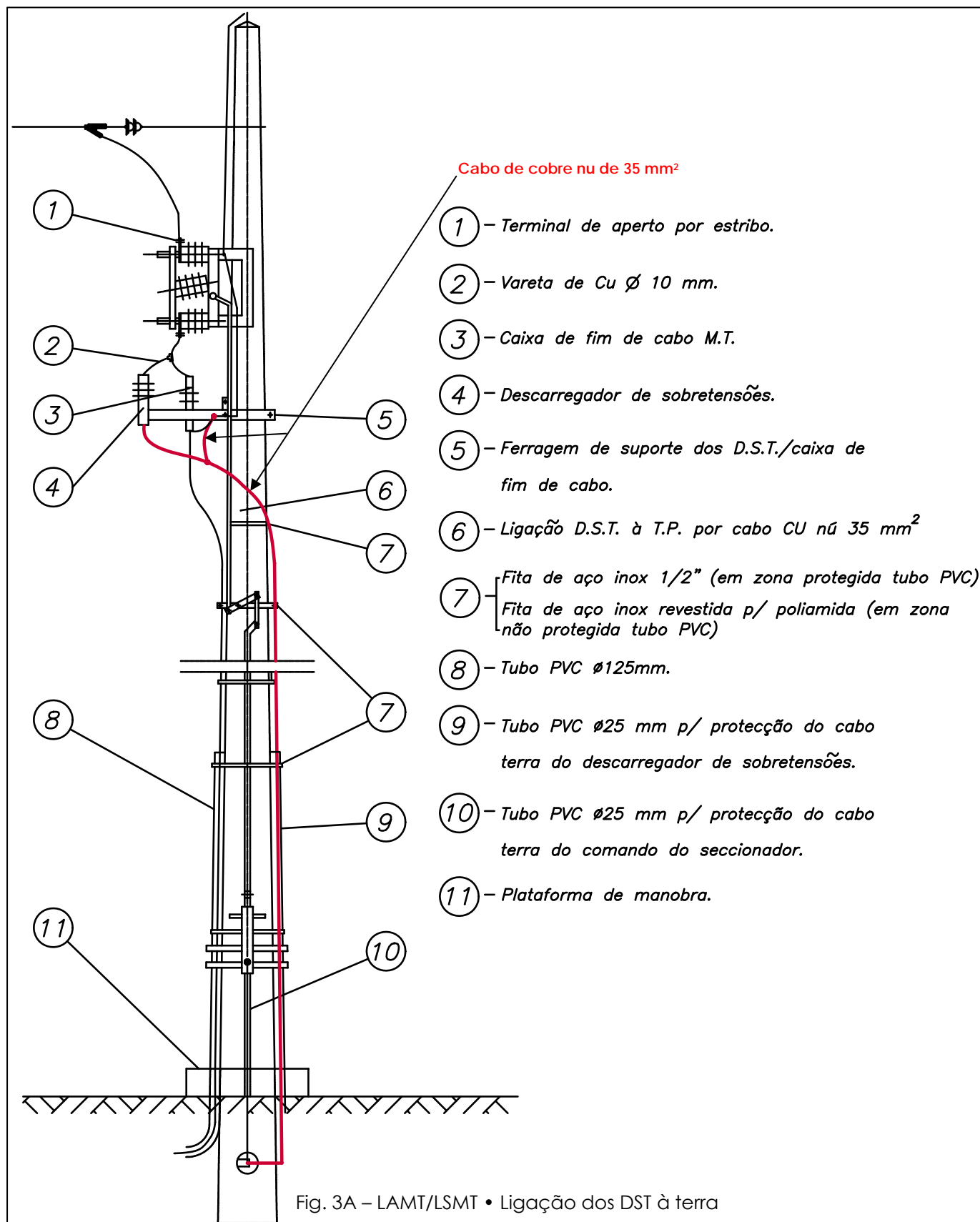
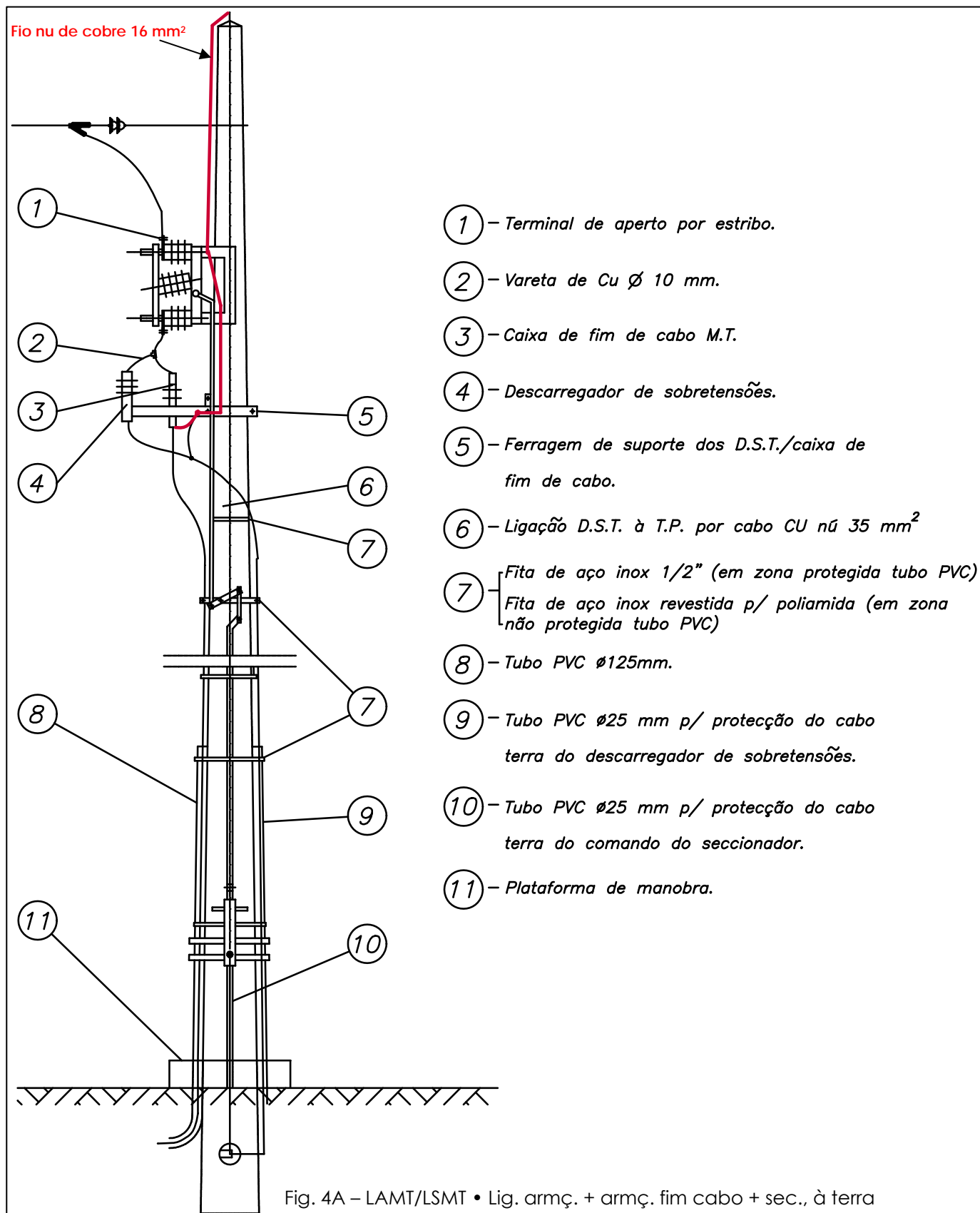
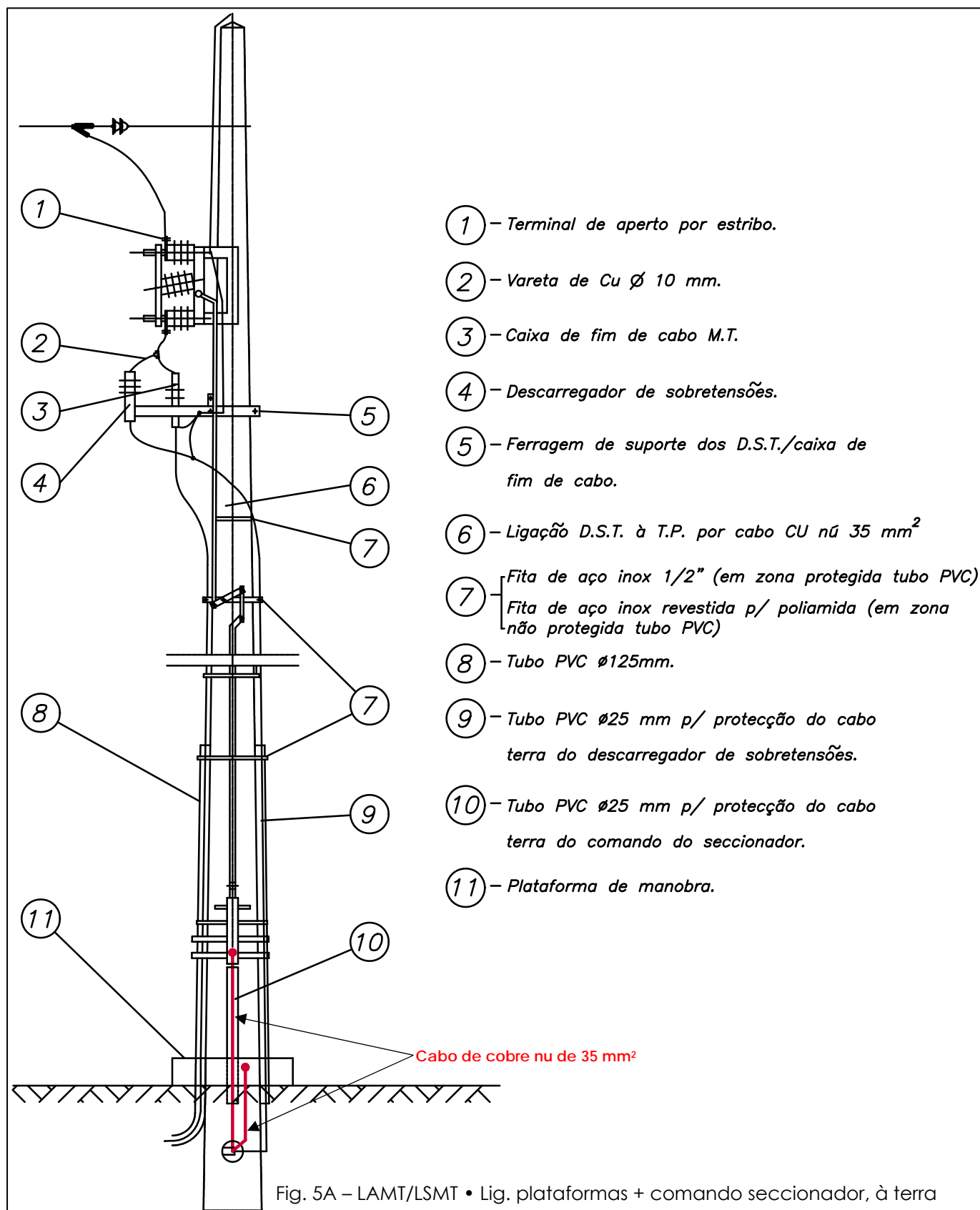


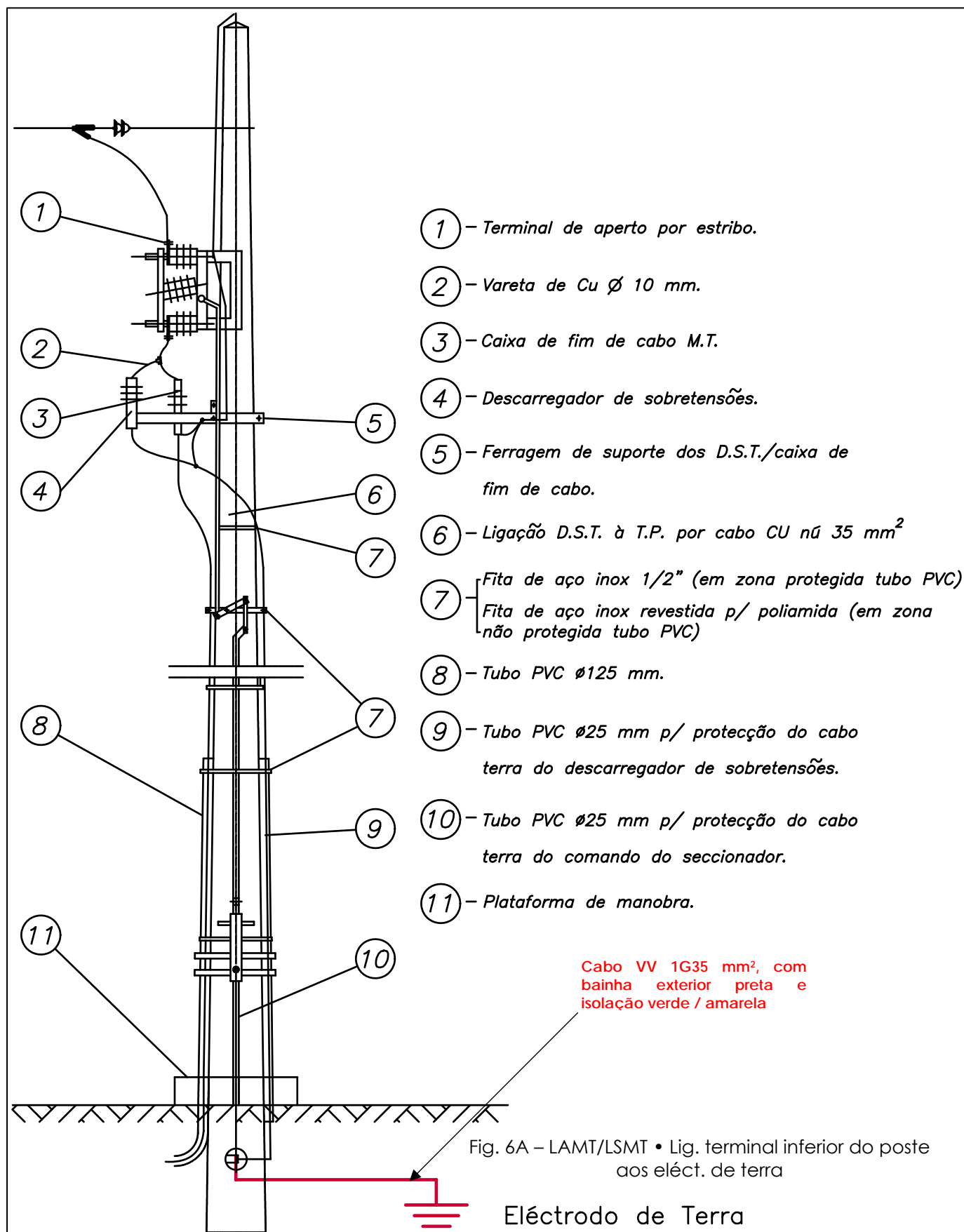
Fig. 1A – LAMT • Ligação do terminal de terra inferior dos postes aos eléctrodos de terra











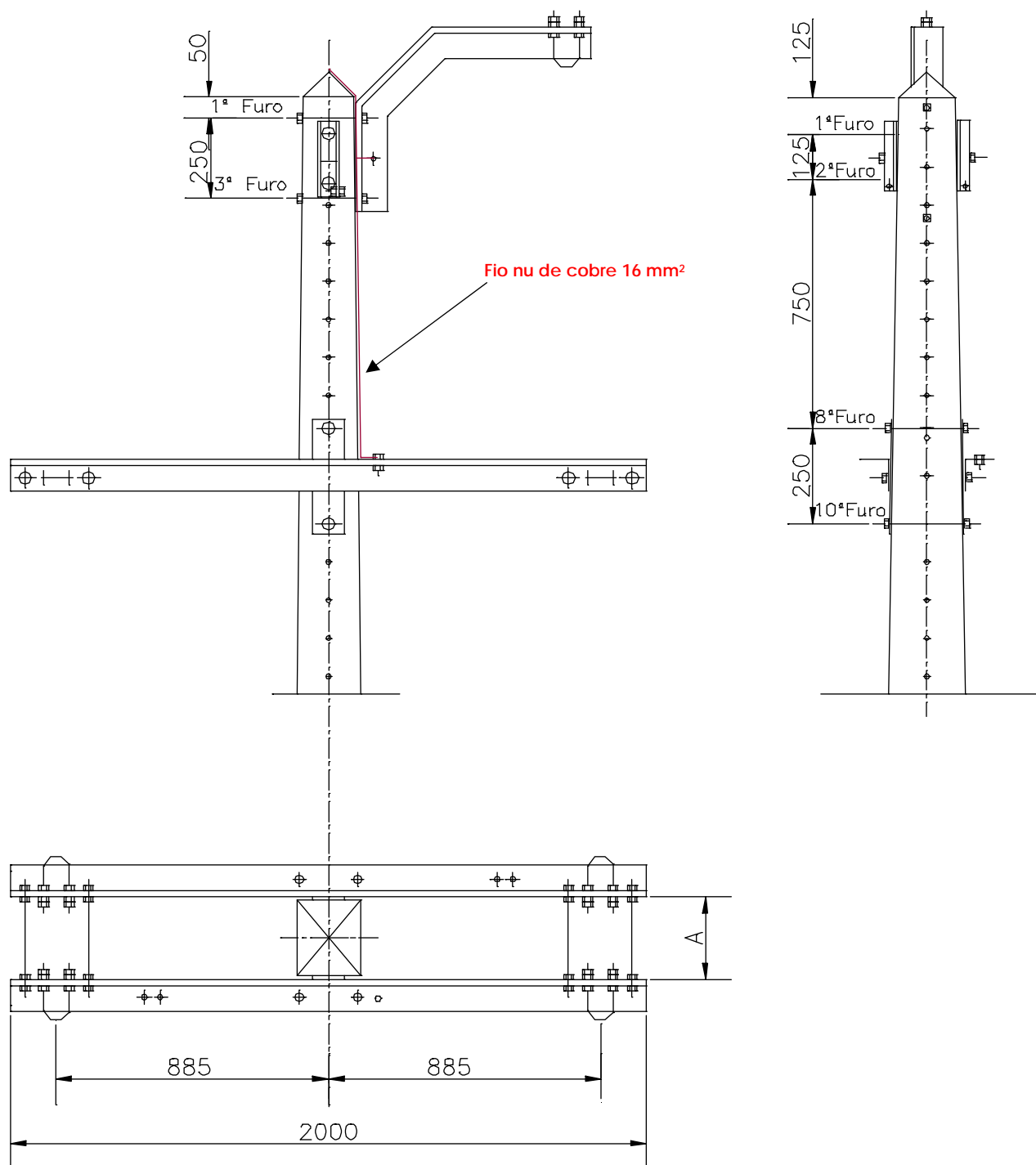


Fig. 7A – LAMT • Ligação de armação TAN à terra

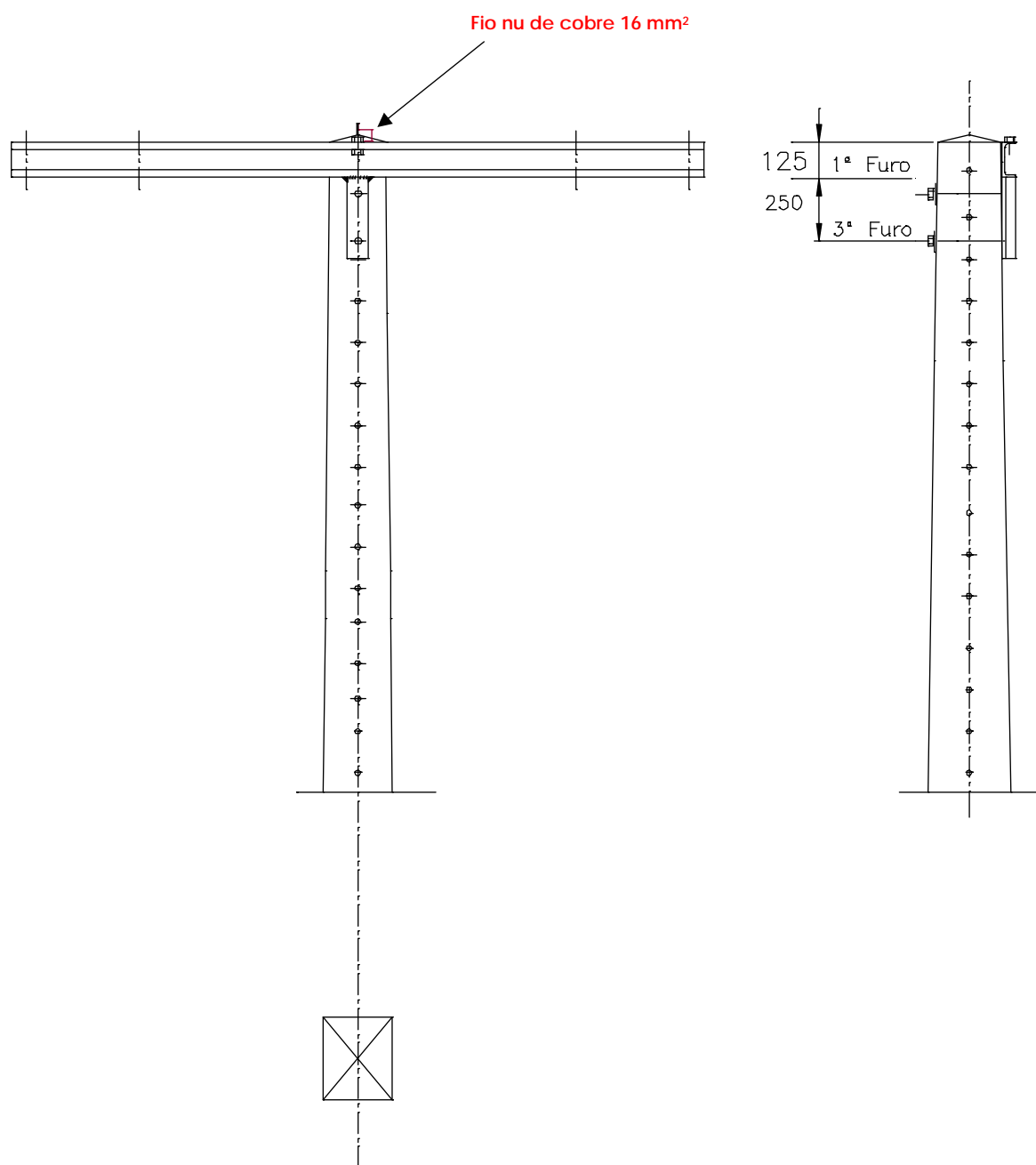


Fig. 8A – LAMT • Ligação de armação HAL à terra

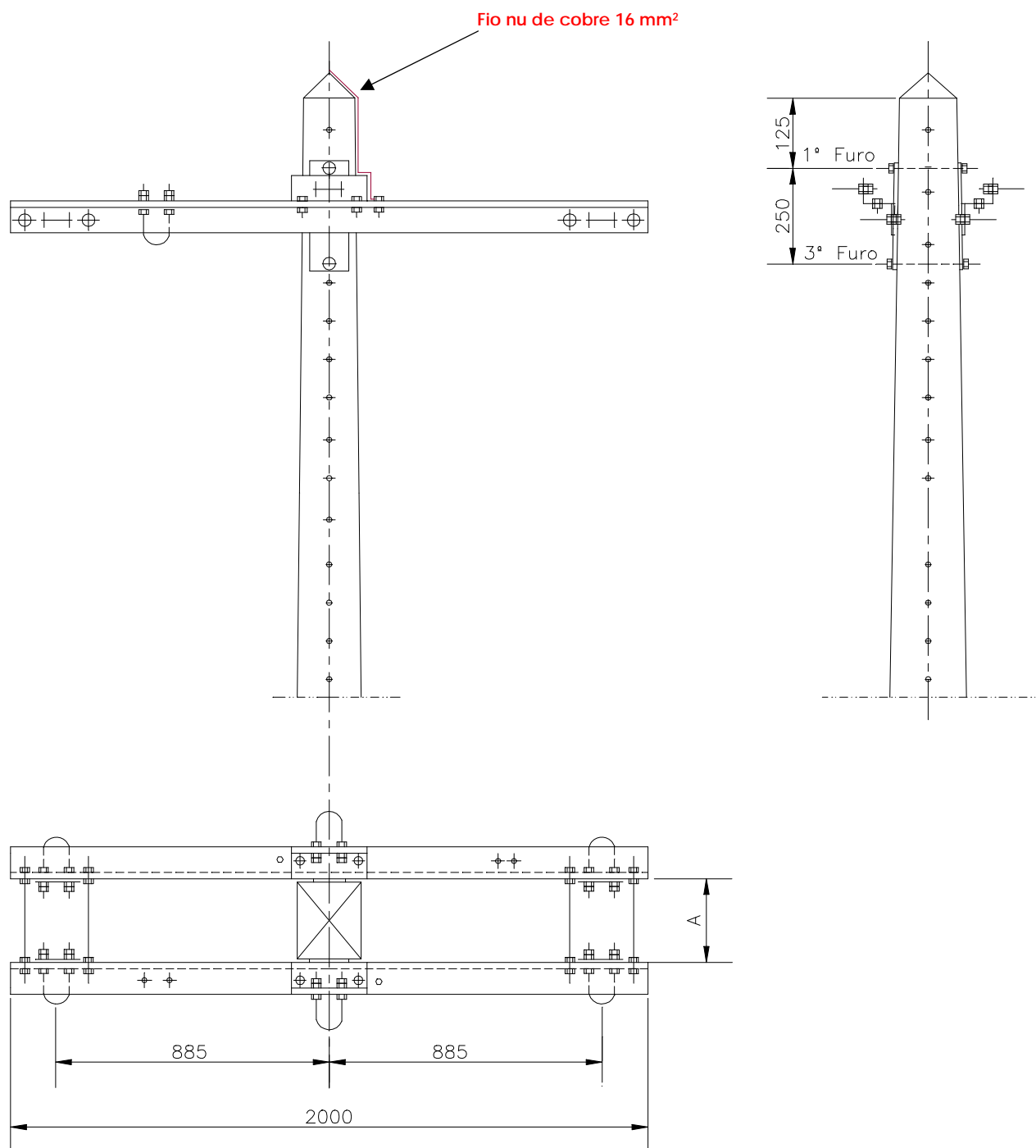


Fig. 9A – LAMT • Ligação de armação HAN à terra

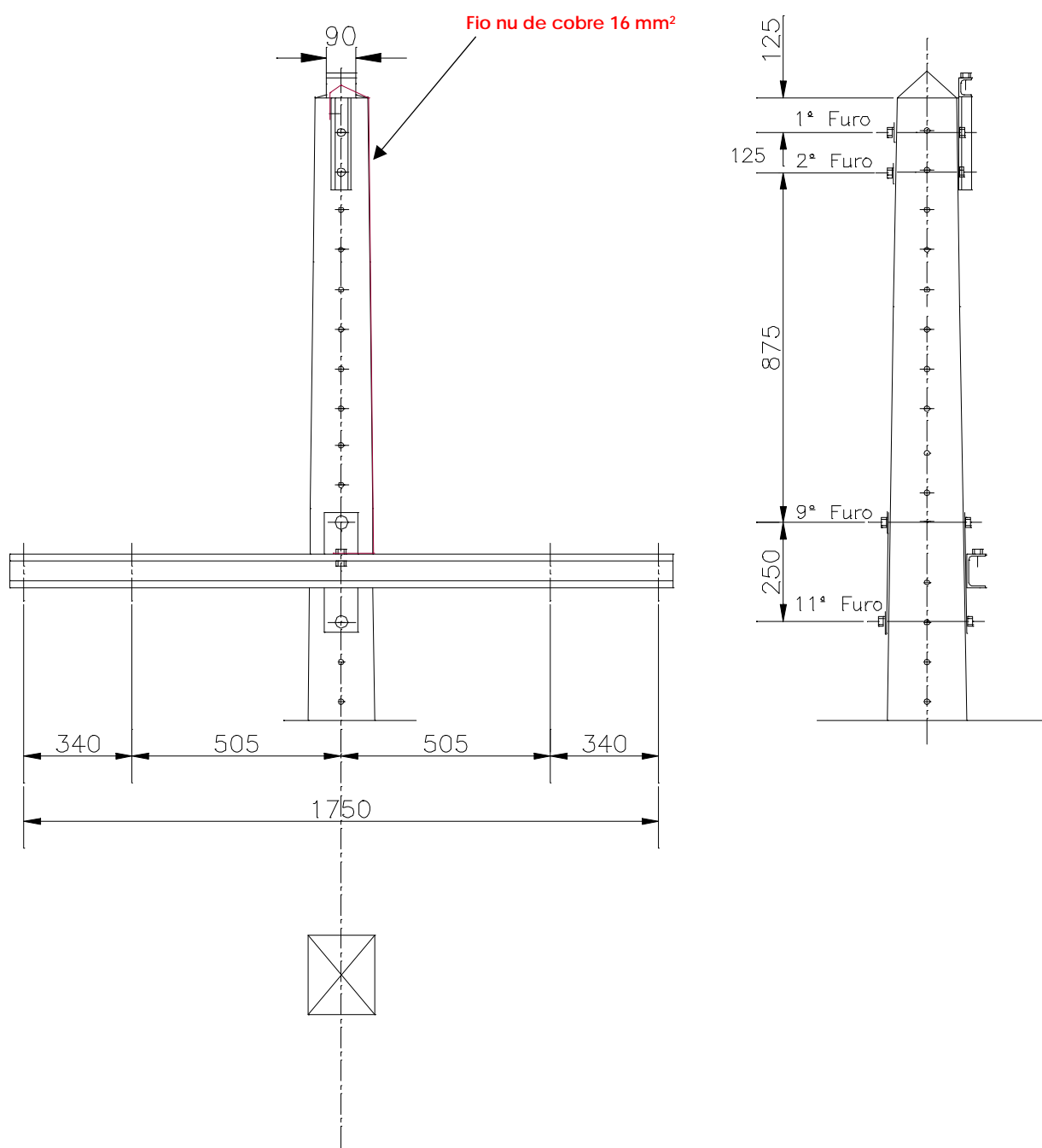
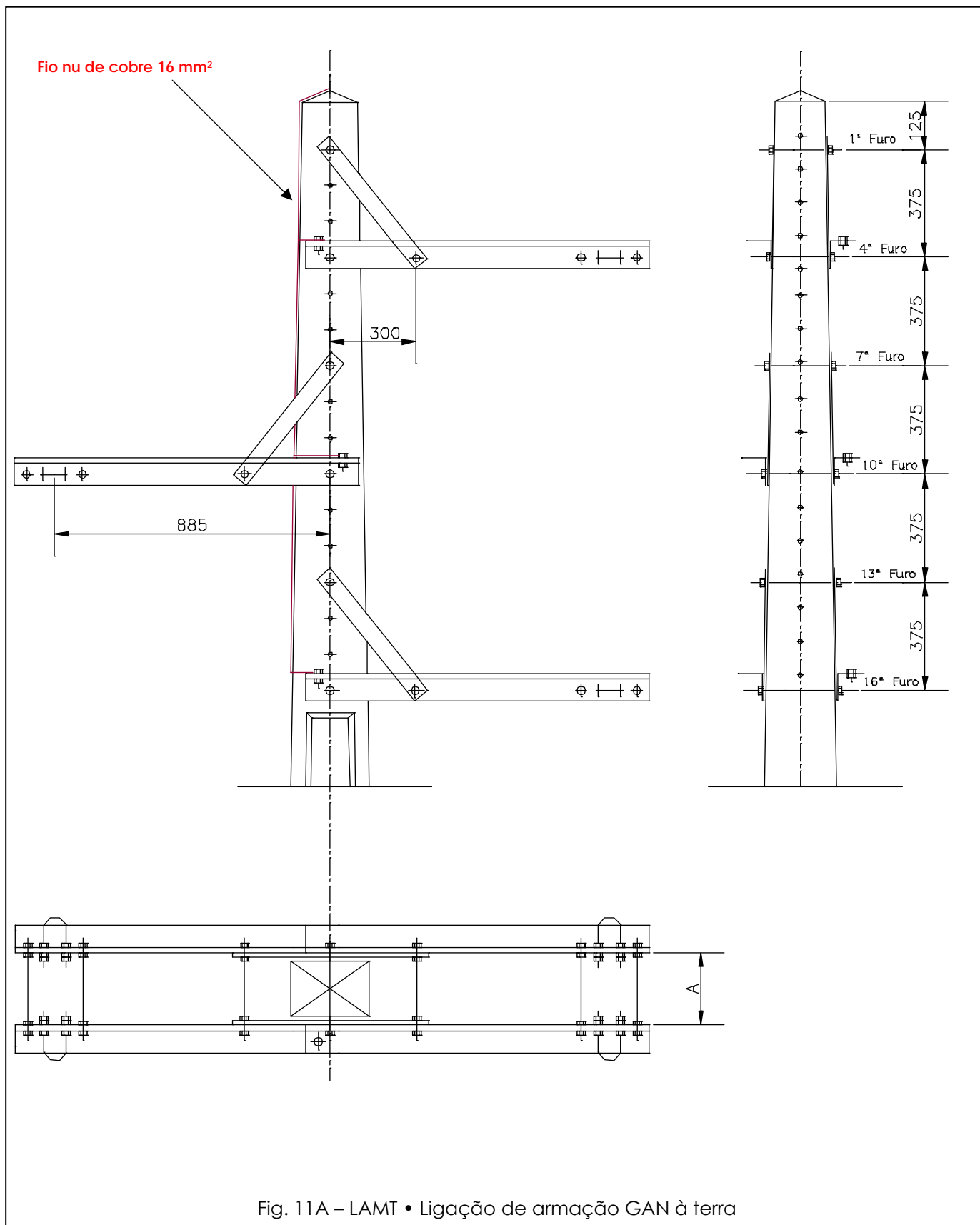
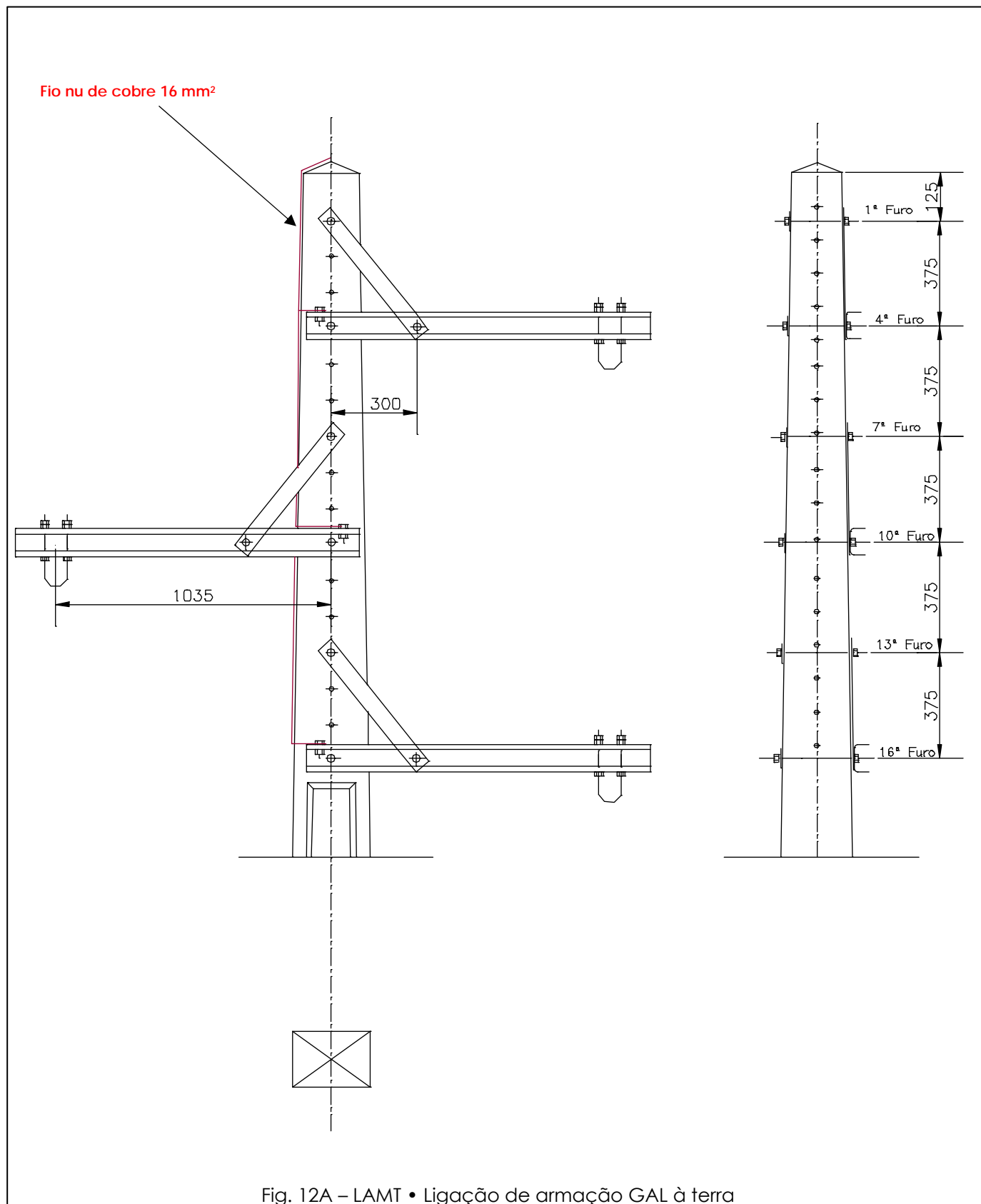


Fig. 10A – LAMT • Ligação de armação TAL à terra





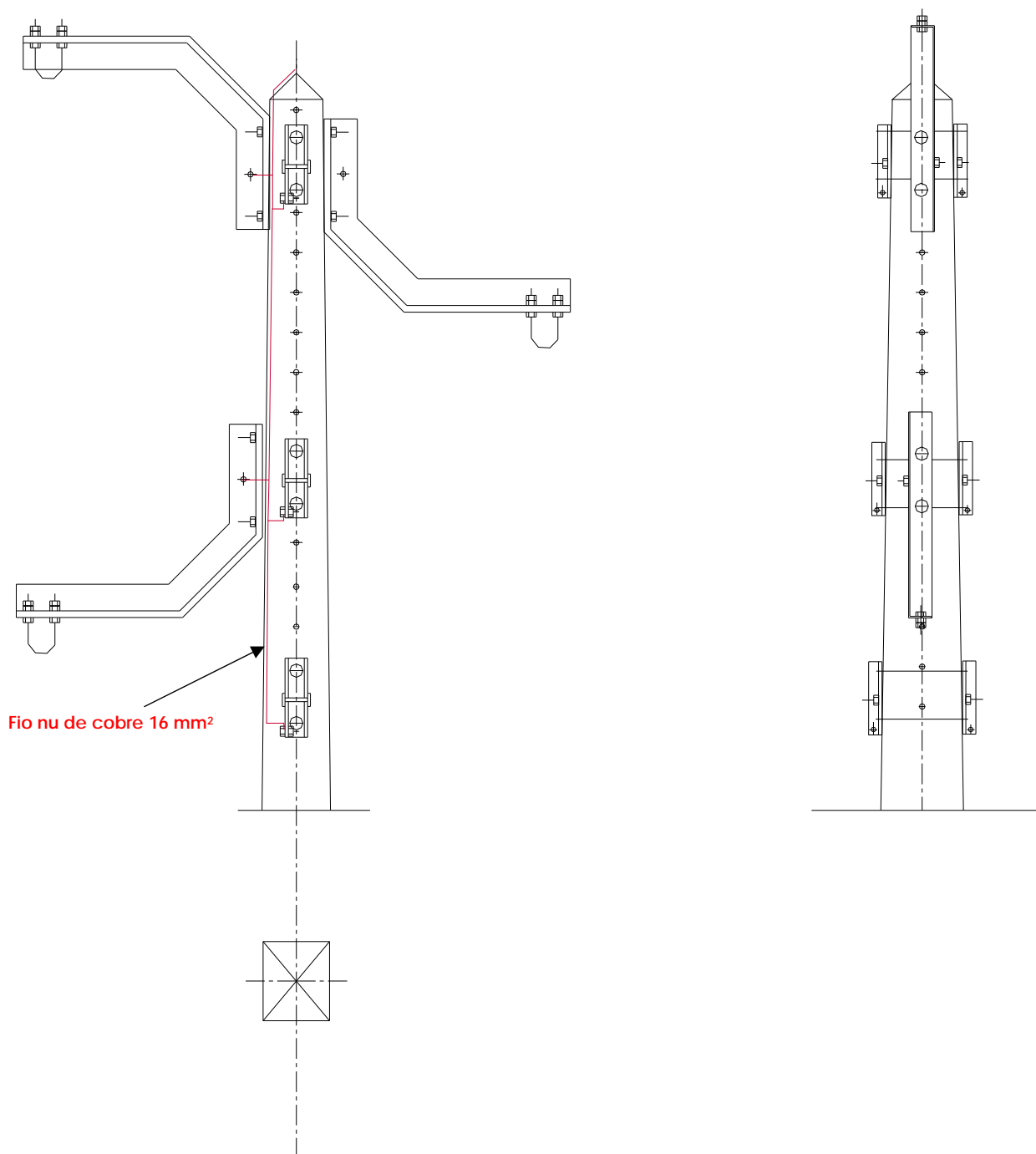


Fig. 13A – LAMT • Ligação de armação VAN/VRF à terra

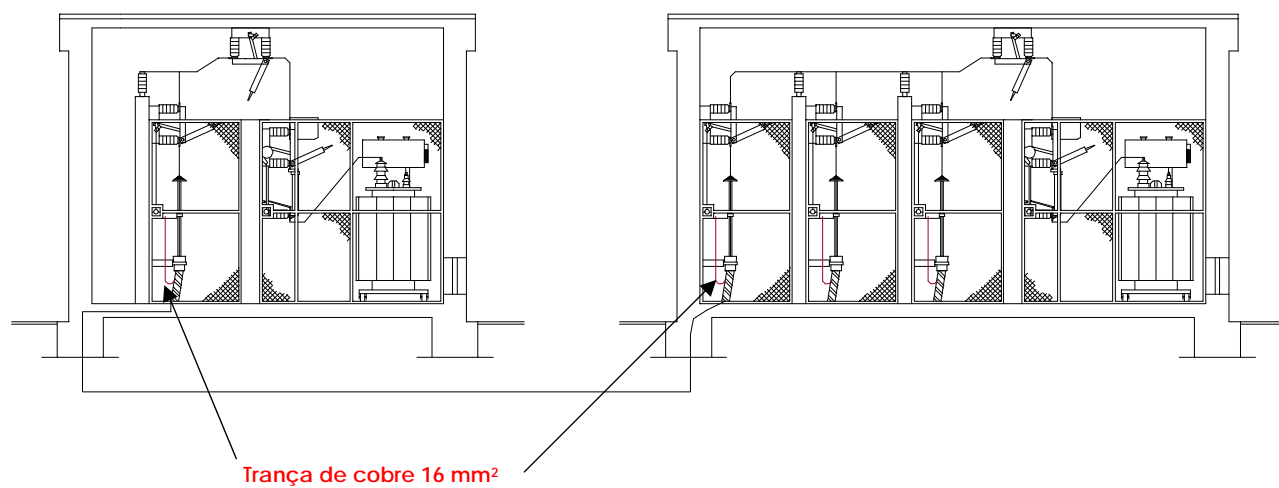


Fig. 14A – LSMT • Ligação das terminações dos cabos subterrâneos à terra

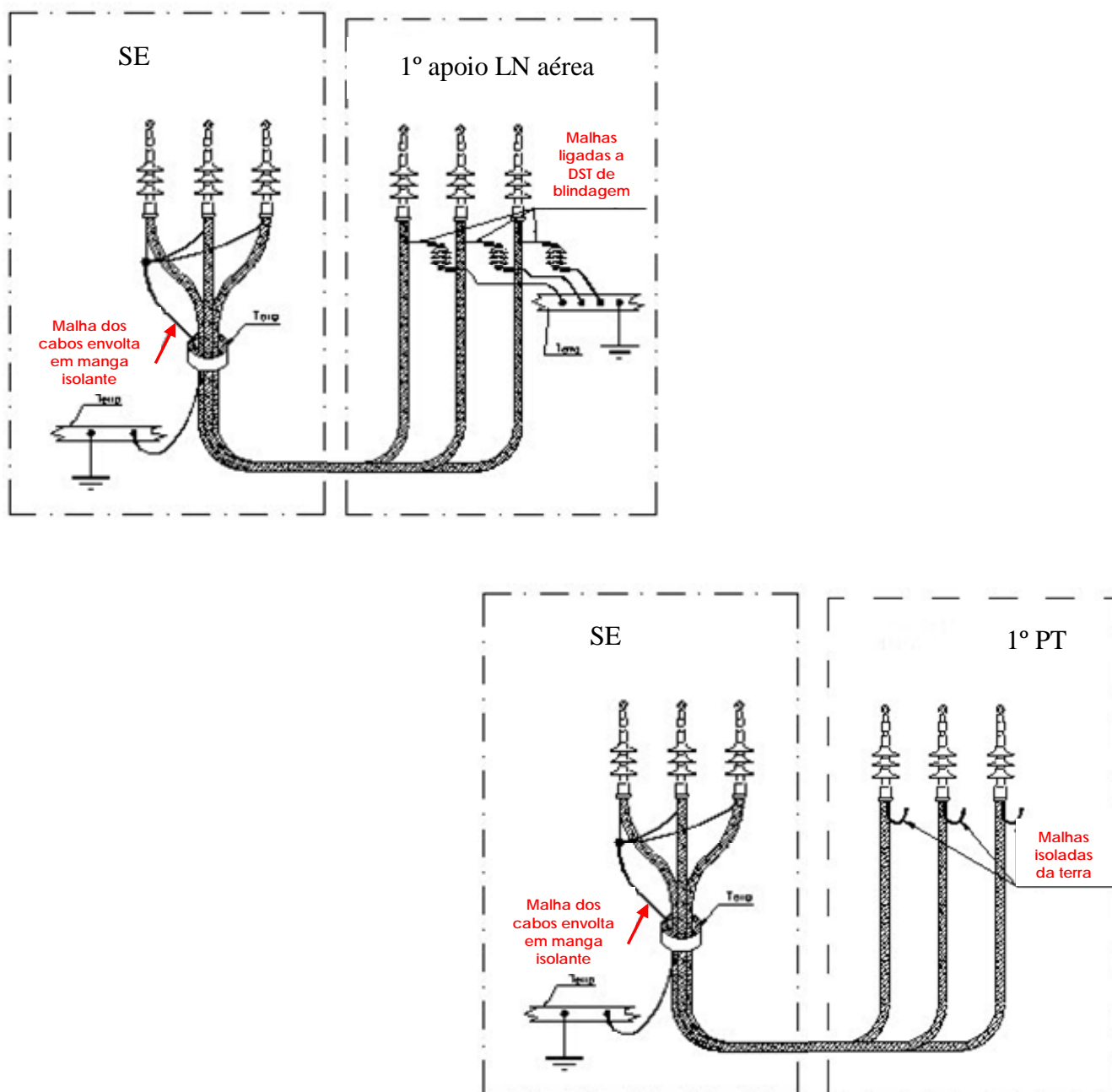


Fig. 15A – LAAT(MT)/LSAT(MT) • Ligação das terminações dos cabos subterrâneos em SE AT/MT, à terra

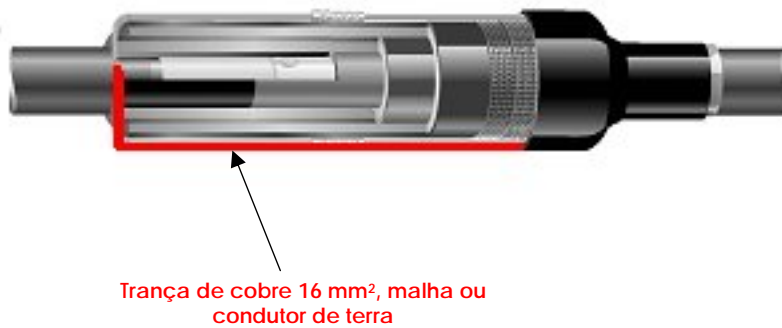
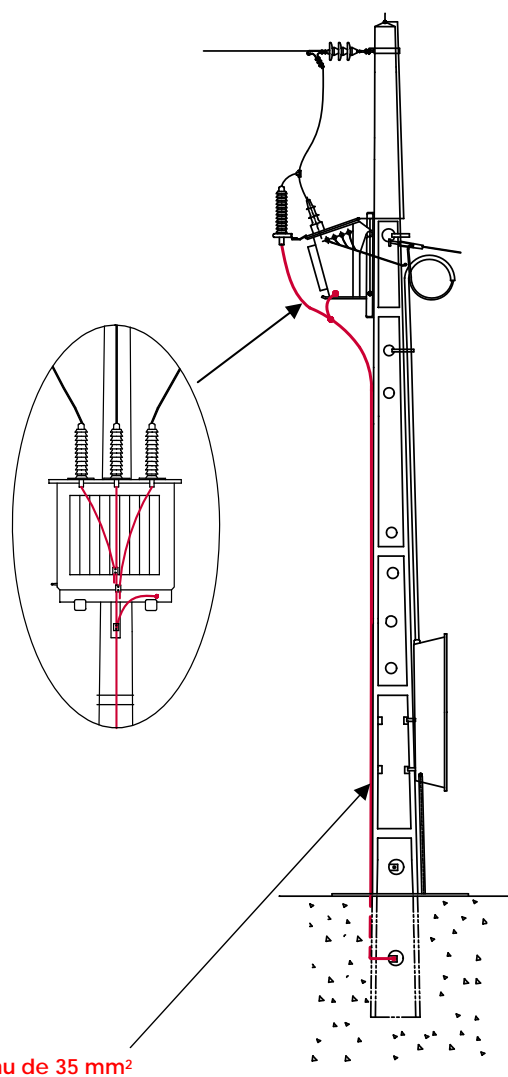


Fig. 16A – LSMT • Continuidade das bainhas de cabos subterrâneos em uniões

ANEXO B

DESENHOS

(POSTOS DE TRANSFORMAÇÃO AÉREOS)



Cabo de cobre nu de 35 mm²

Fig. 1B – PT aéreo tipo A • Ligação dos DST à terra e à cuba do TP

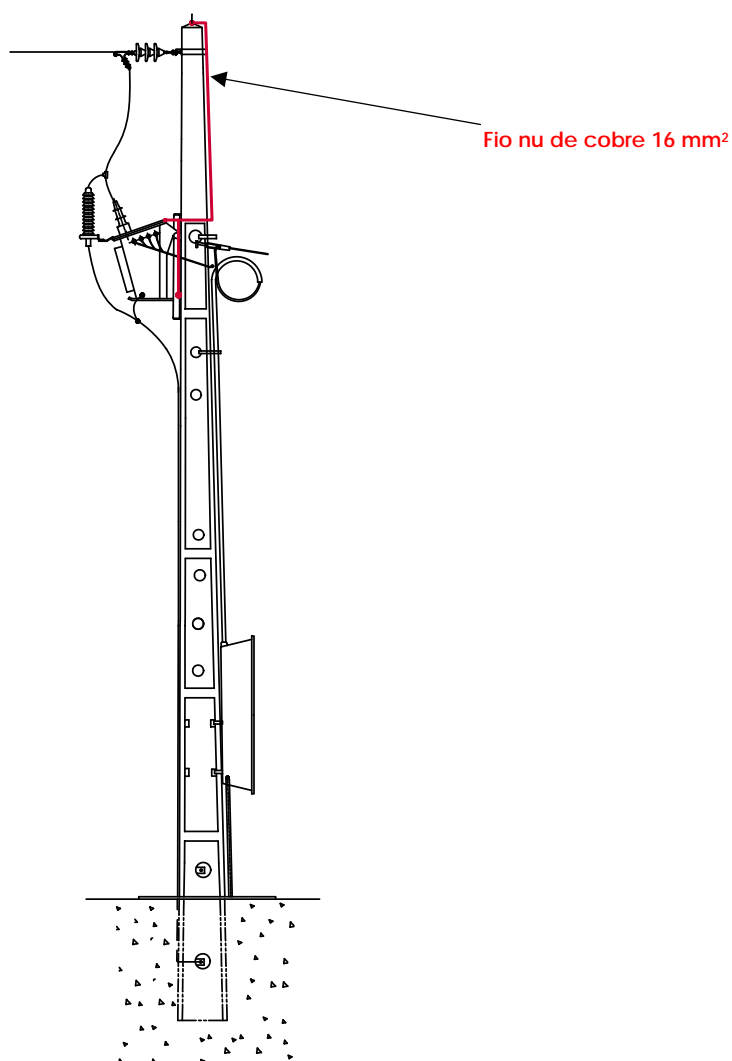


Fig. 2B – PT aéreo tipo A • Ligação da armç de suspensão e tampa do TP + HPT4, à terra

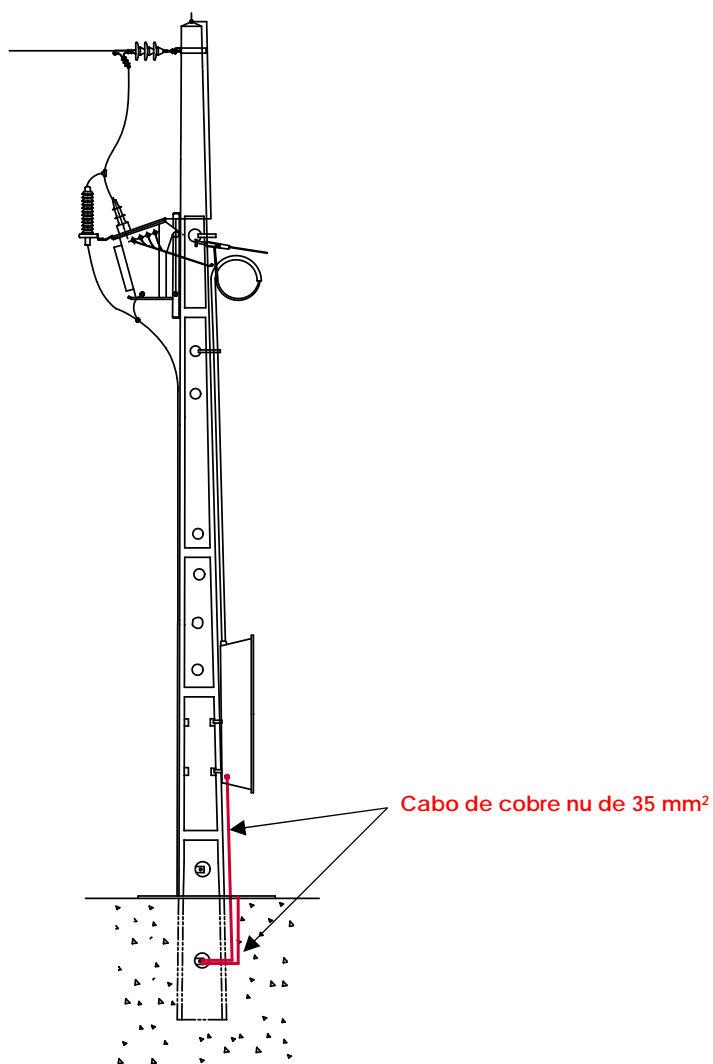


Fig. 3B – PT aéreo tipo A • Ligação das plataformas + QGBT, à terra

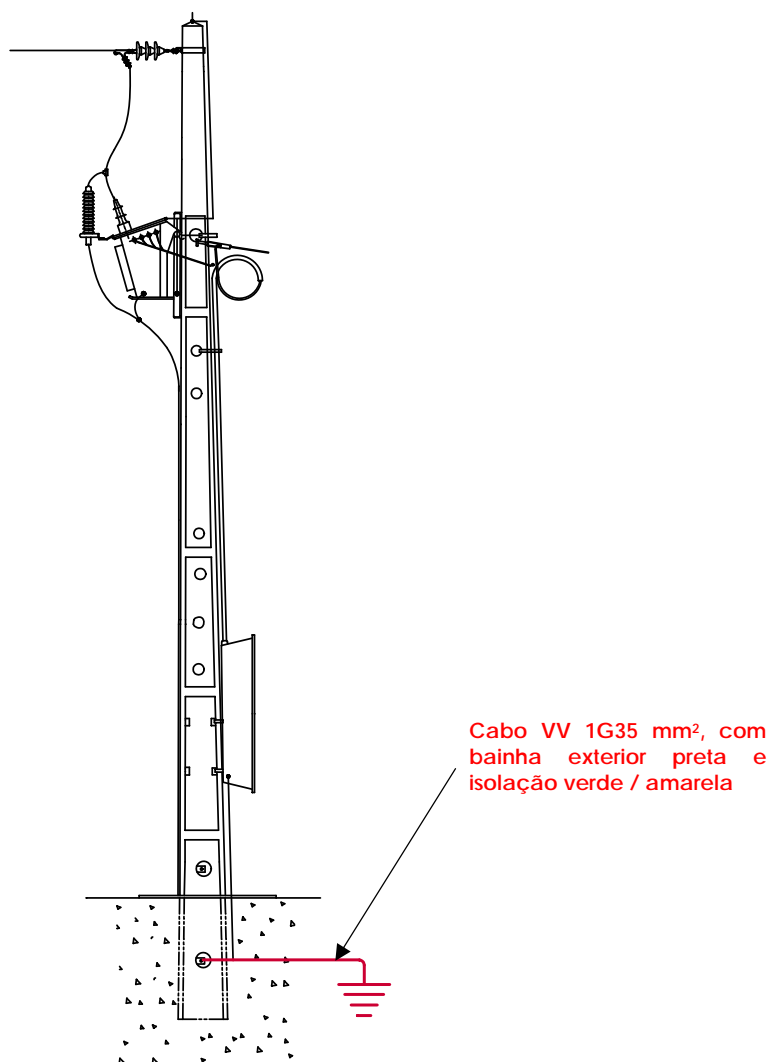


Fig. 4B – PT aéreo tipo A • Ligação do terminal inferior do poste aos eléctrodos de terra

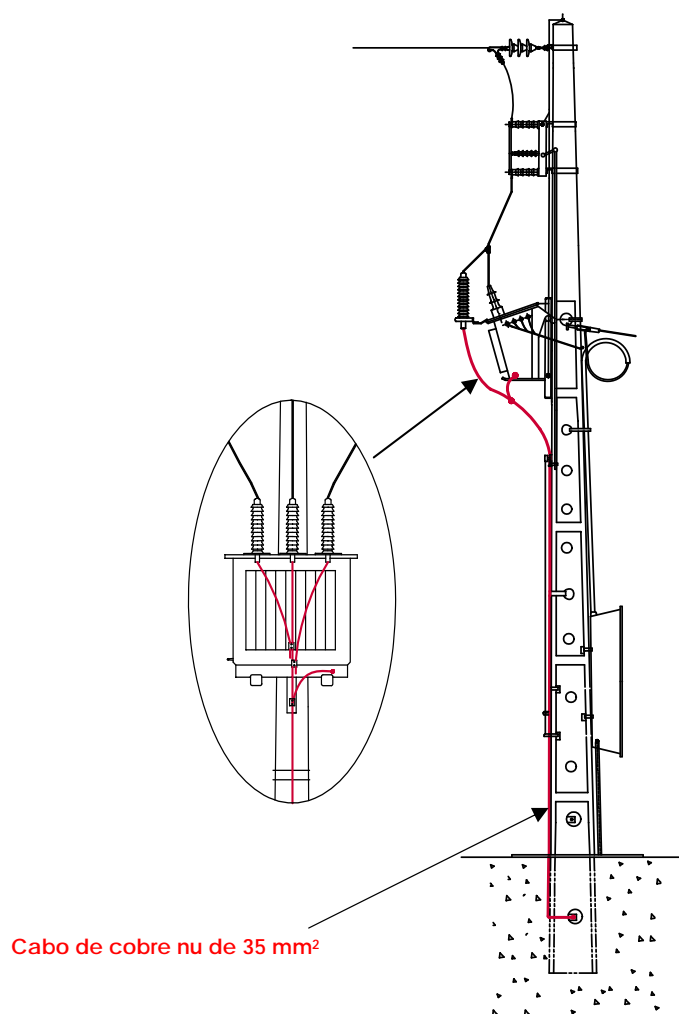


Fig. 5B – PT aéreo tipo AS • Ligação dos DST à terra e à cuba do TP

Fio nu de cobre 16 mm²

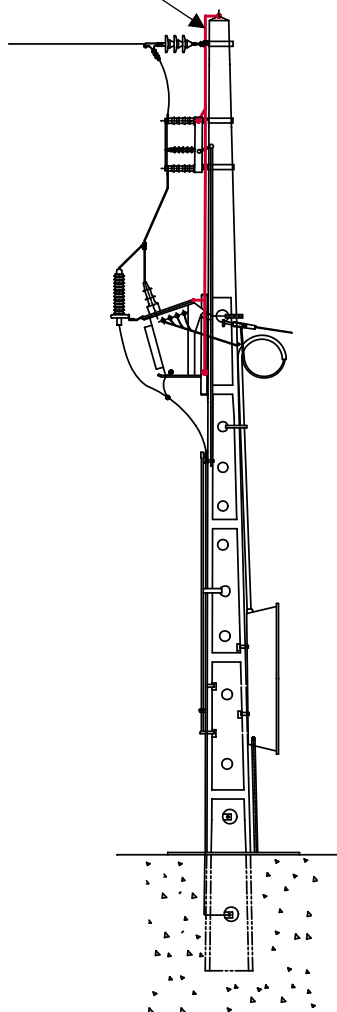


Fig. 6B – PT aéreo tipo AS • Ligação da armç de suspensão e tampa de TP + seccionador + HPT4, à terra

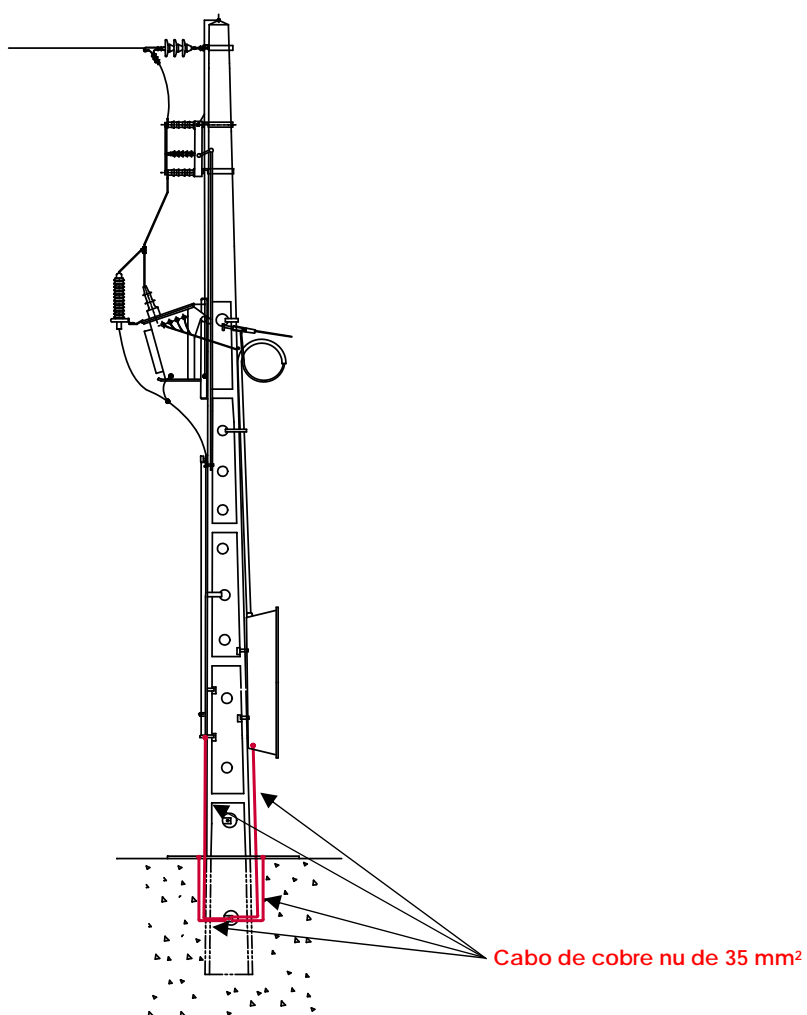


Fig. 7B – PT aéreo tipo AS • Ligação das plataformas + comando do seccionador + QGBT, à terra

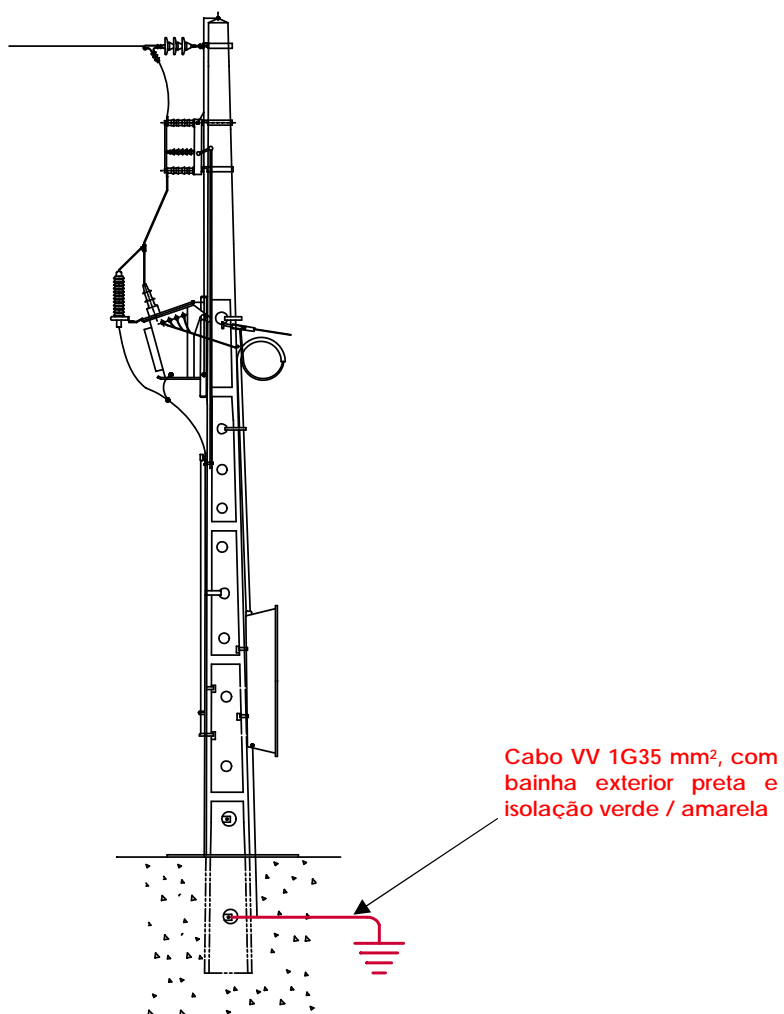


Fig. 8B – PT aéreo tipo AS • Ligação do terminal inferior do poste aos eléctrodos de terra

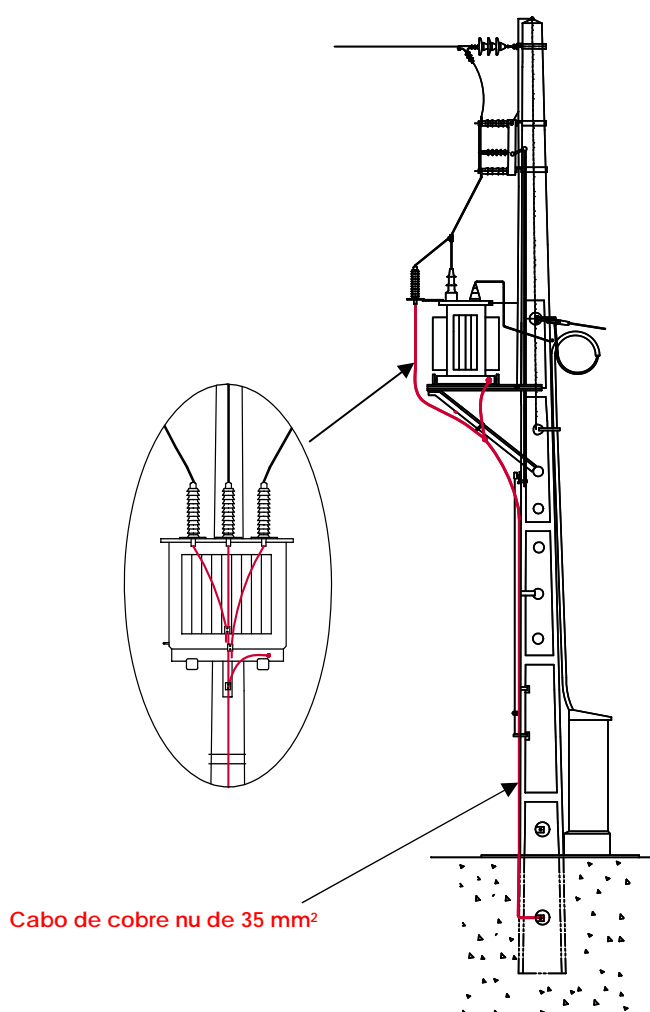


Fig. 9B – PT aéreo tipo AI • Ligação dos DST à terra e à cuba do TP

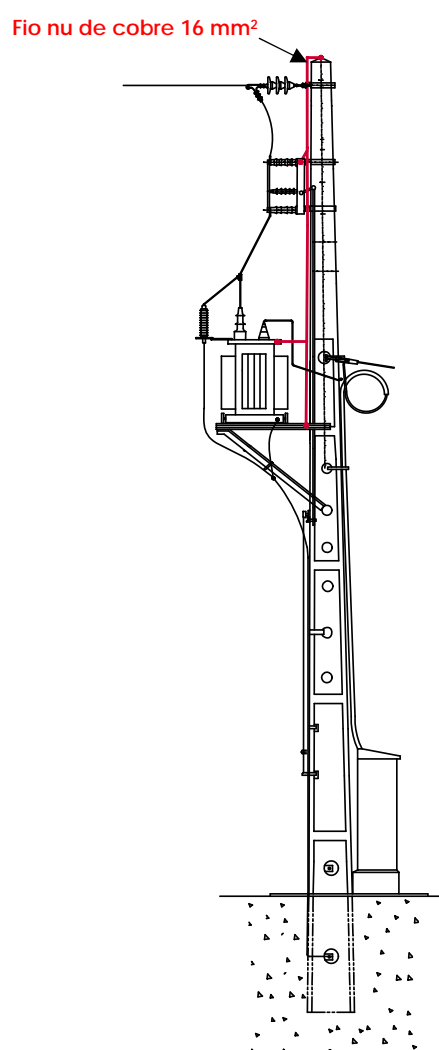


Fig. 10B – PT aéreo tipo AI • Ligação da armç de suporte e tampa do TP + int-sec + HPT4, à terra

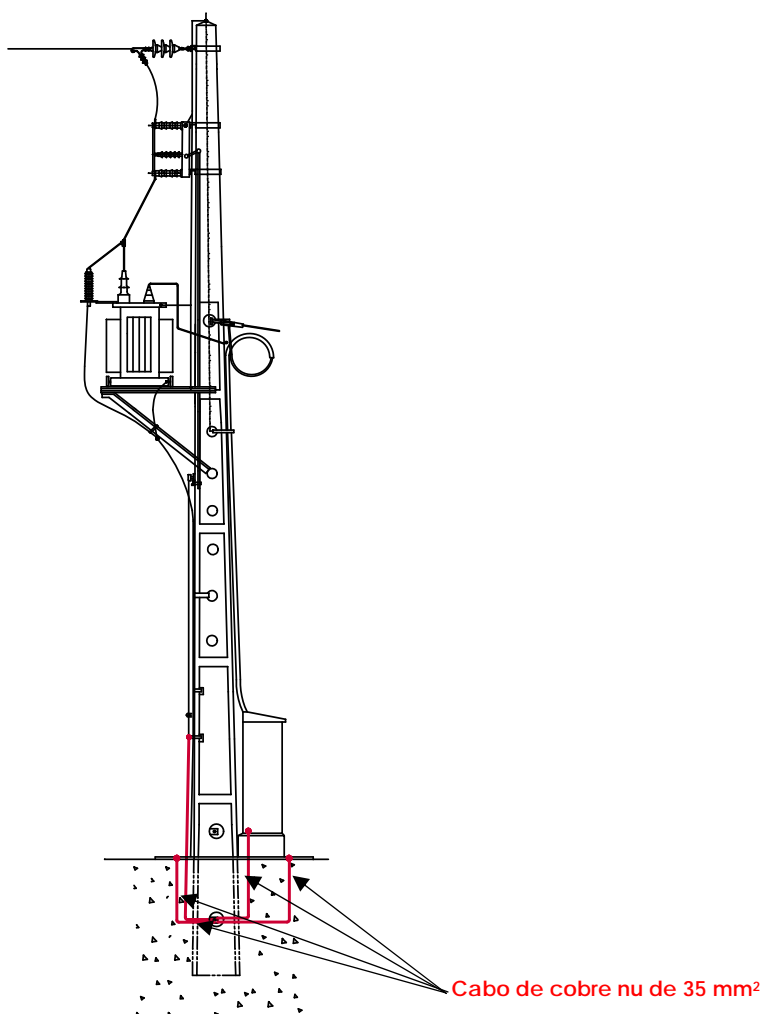


Fig. 11B – PT aéreo tipo AI • ligação das plataformas + comando do int-sec + QGBT, à terra

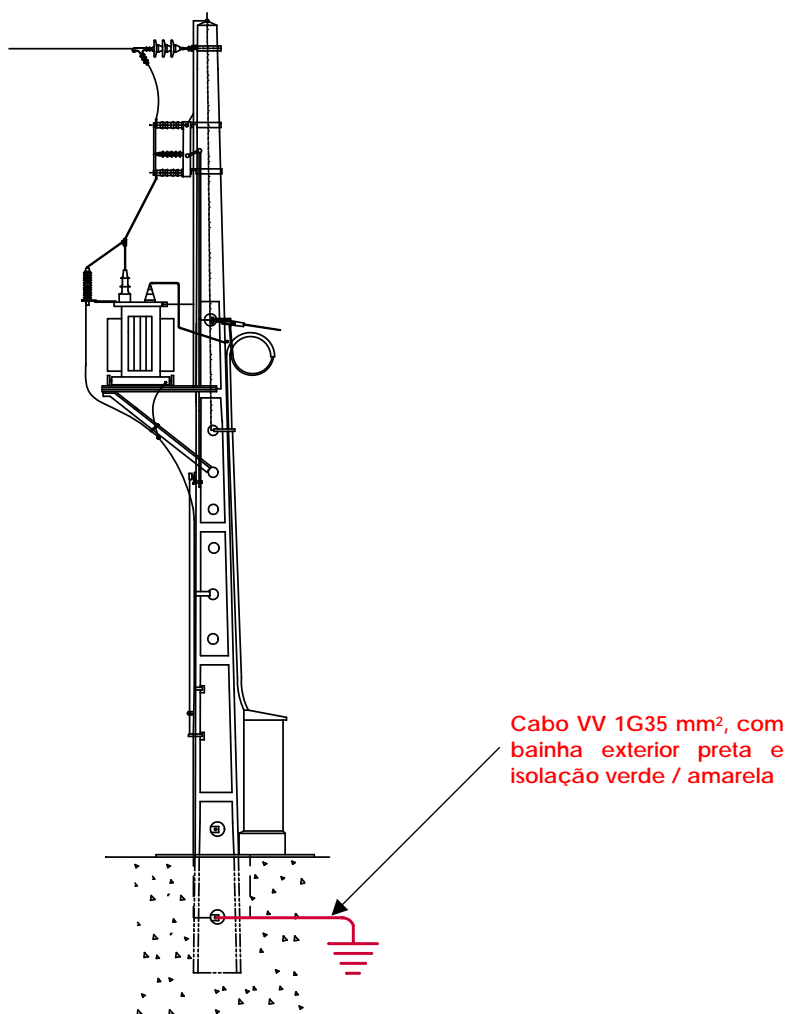


Fig. 12B – PT aéreo tipo AI • Ligação do terminal inferior do poste aos eléctrodos de terra de protecção

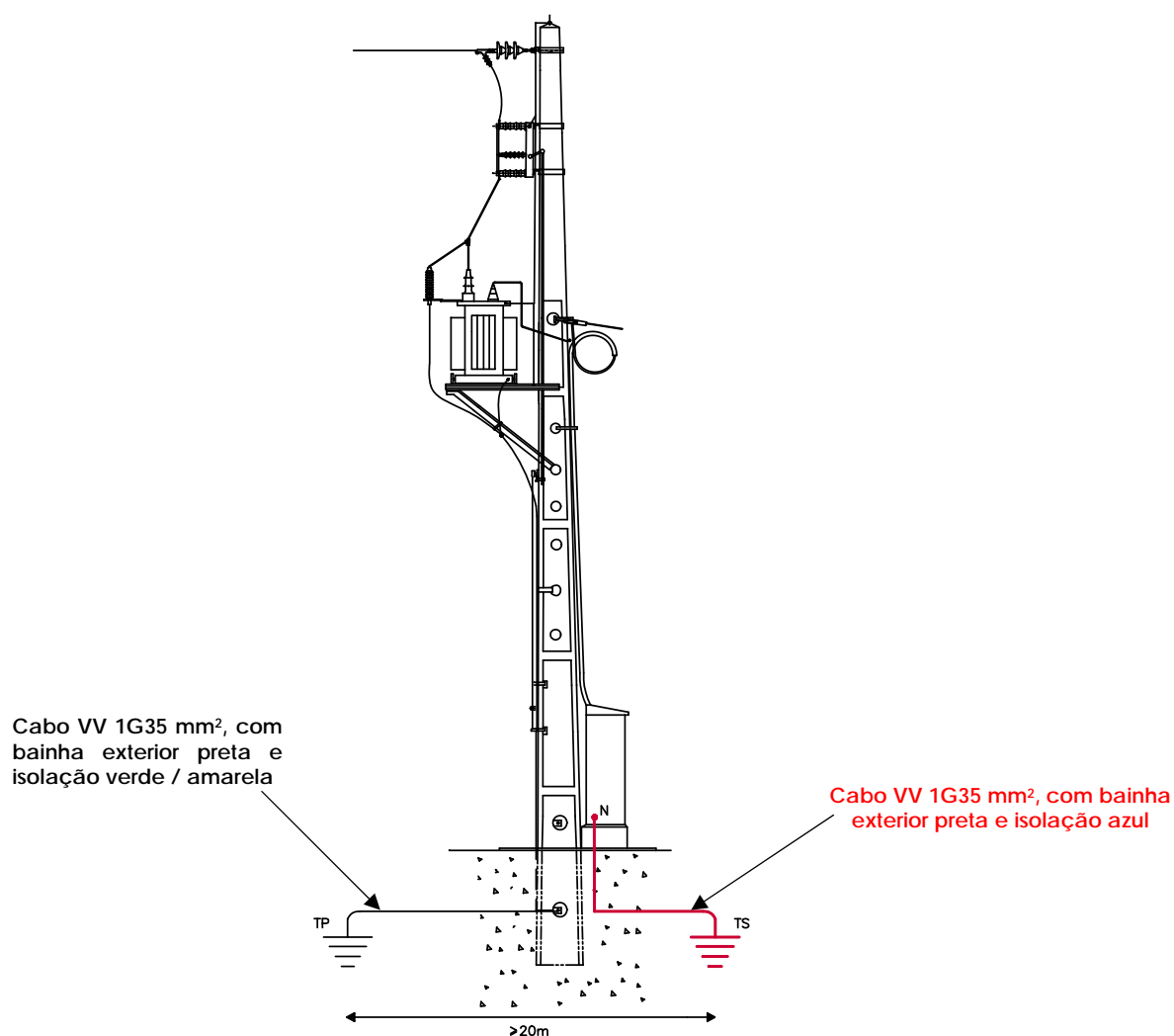
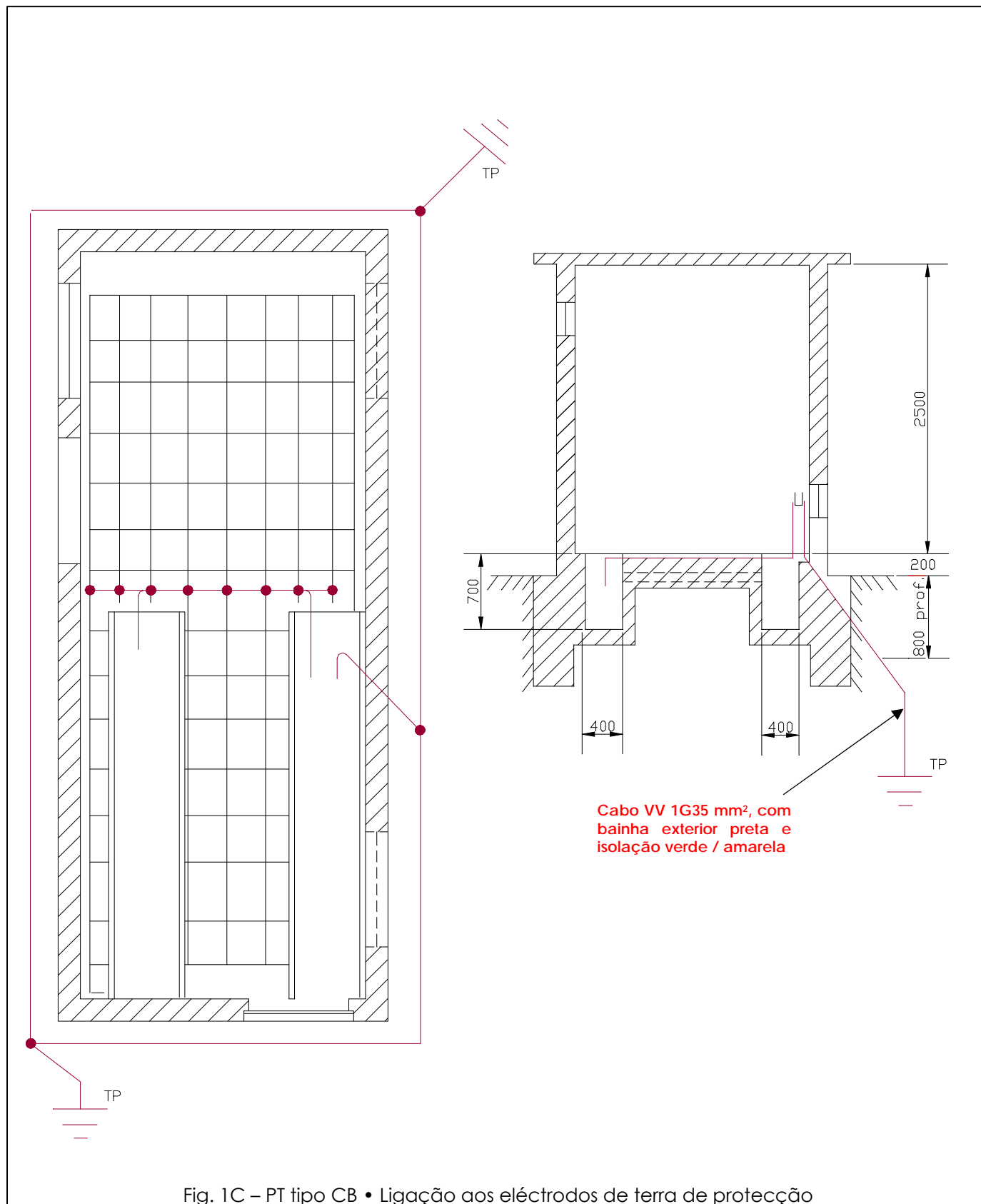


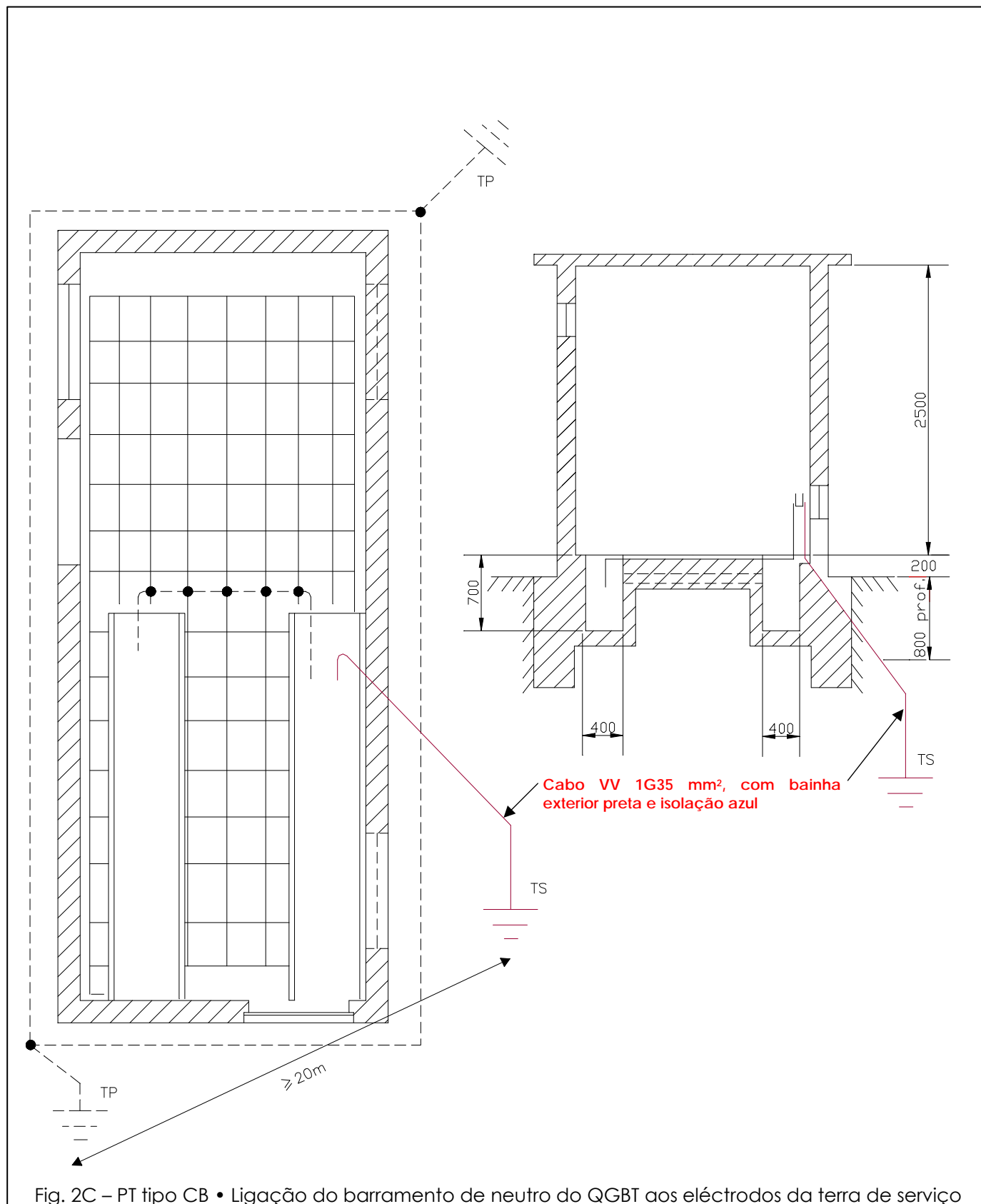
Fig. 13B – PT aéreo tipo AI • Ligação do barramento de neutro do QGBT aos electrodos de terra de serviço. Nos PT AI com saídas aéreas, a terra de serviço será feita nos primeiros apoios de cada uma das saídas da rede de baixa tensão

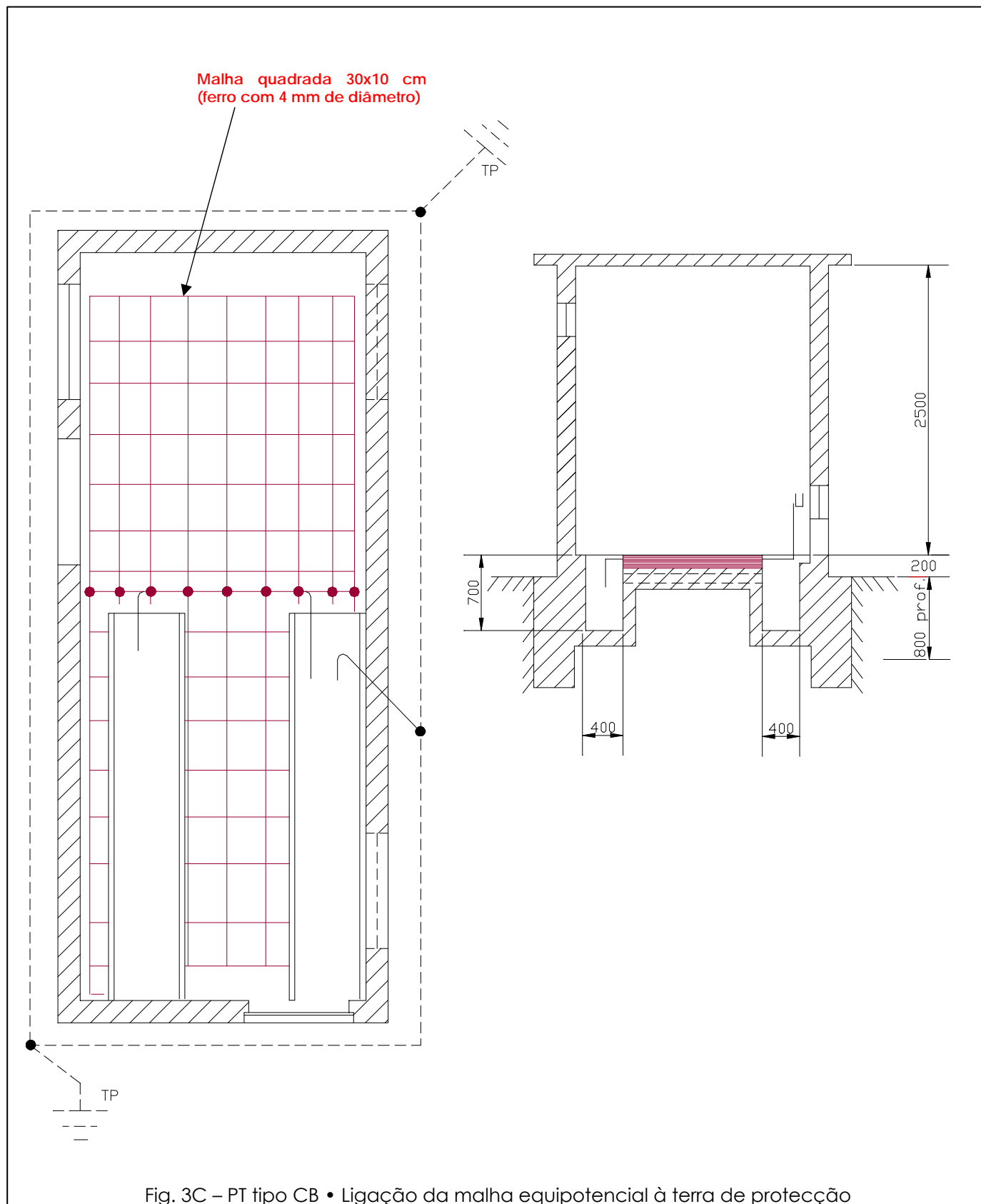
ANEXO C

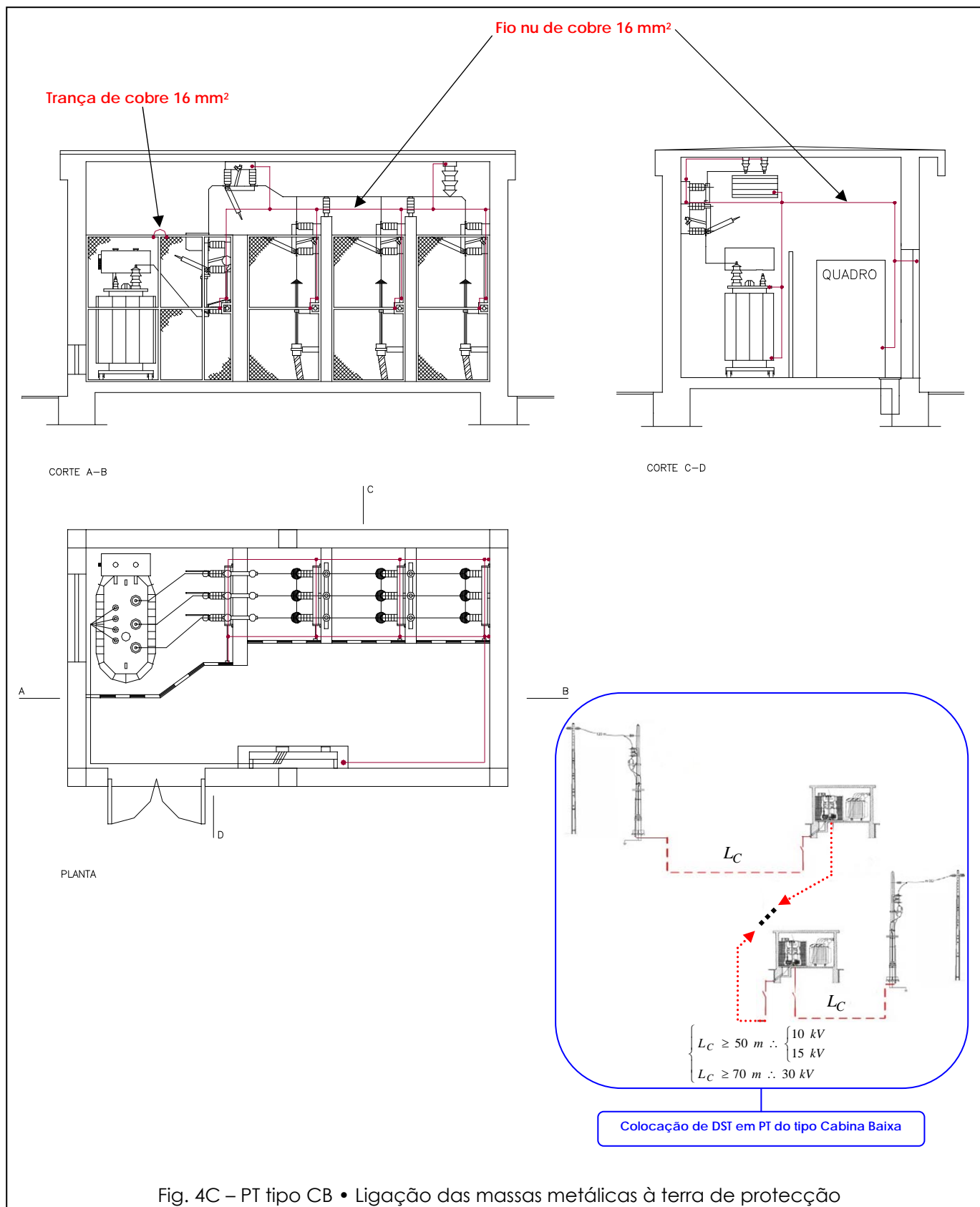
DESENHOS

(POSTOS DE TRANSFORMAÇÃO EM CABINA BAIXA)









ANEXO D

DESENHOS

(REDES DE BAIXA TENSÃO)

Cabo VV 1G35 mm² com bainha exterior preta e isolamento verde/amarela, ligado à terra em vários postes ao longo da rede (derivações, fins-de-linha, e distâncias não superiores a 300 m nas canalizações principais)

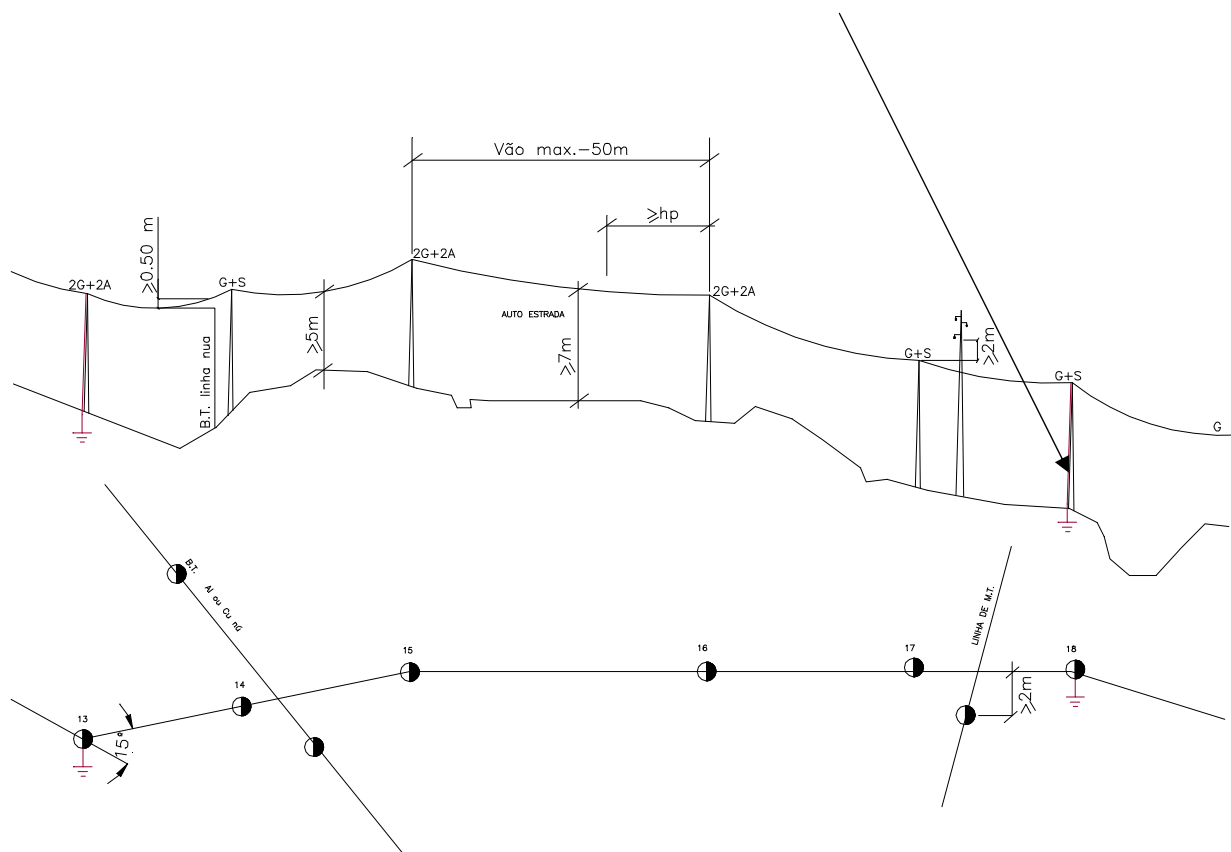


Fig. 1D – RABT • Ligação do neutro à terra

Caso geral

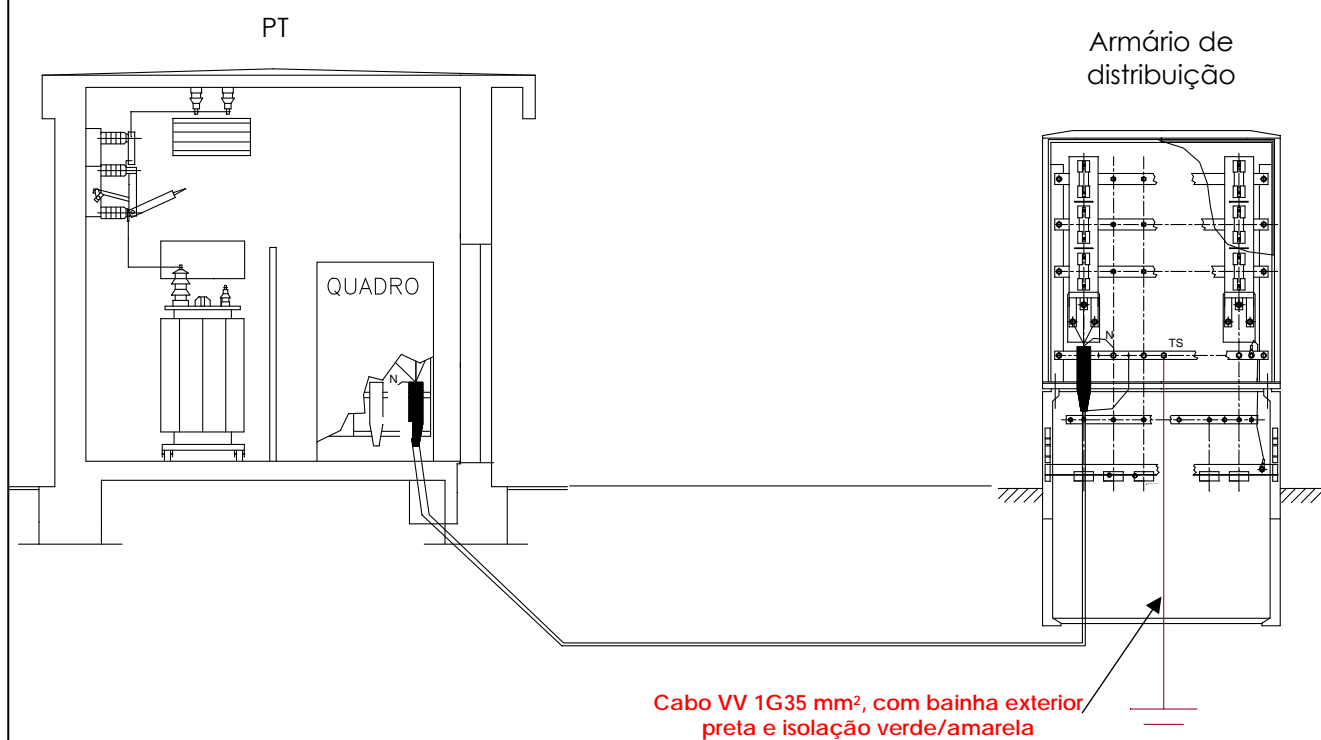


Fig. 2D – RSBT • Ligação do barramento de neutro do armário à terra (c. geral)

Caso geral

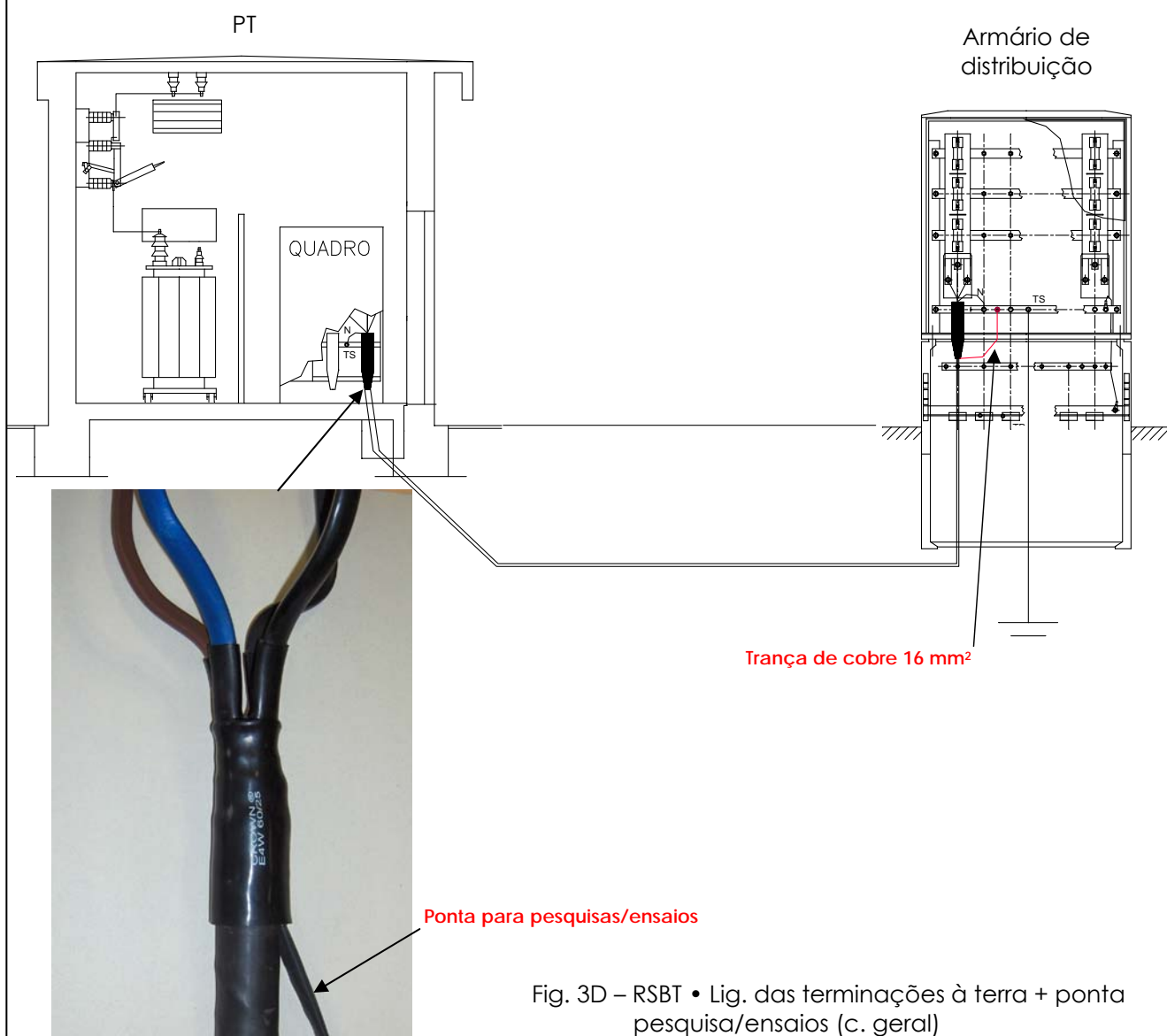


Fig. 3D – RSBT • Lig. das terminações à terra + ponta pesquisa/ensaio (c. geral)

Caso geral e casos particulares (PT dotados de terra única)

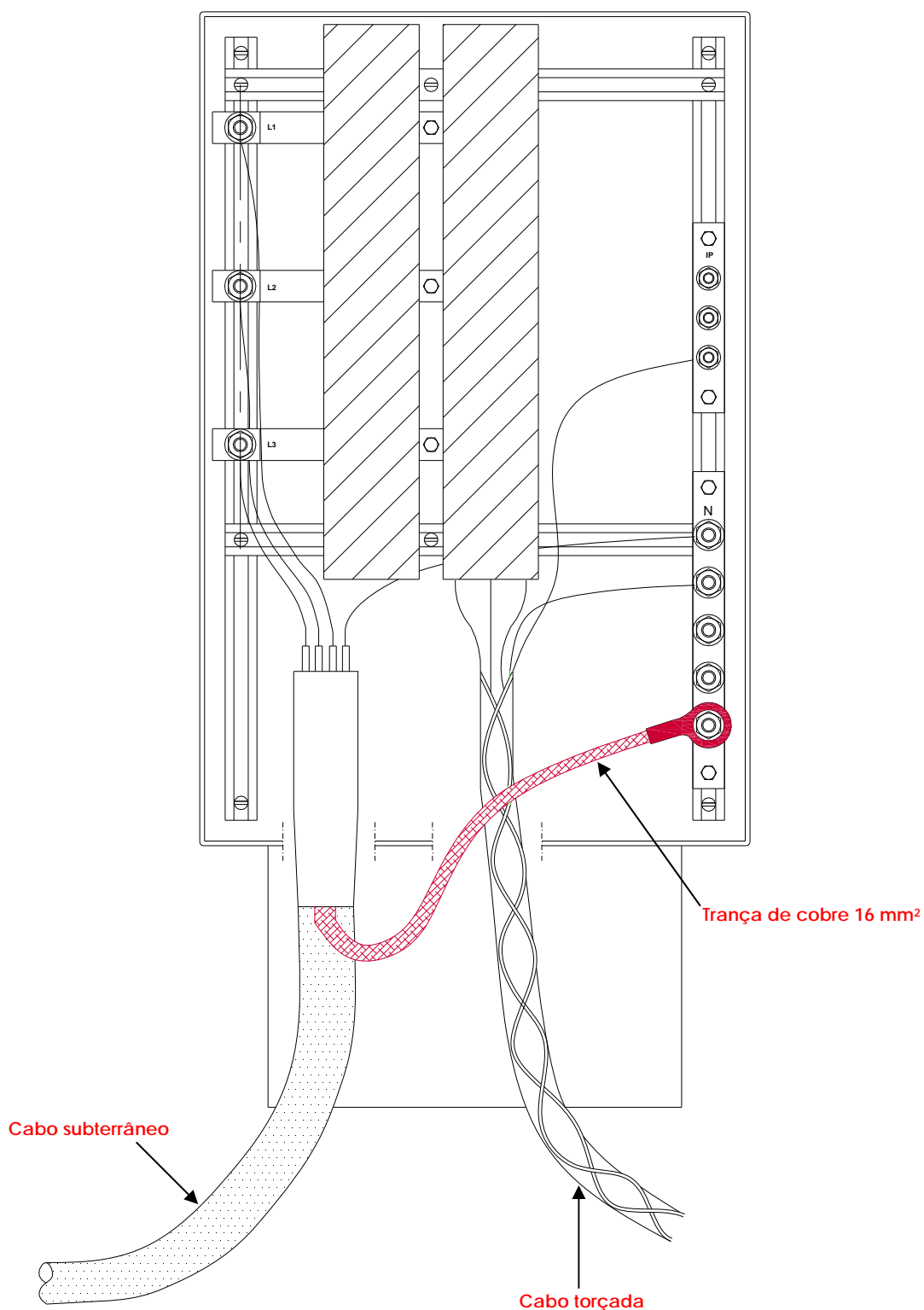


Fig. 4D – RSBT/RABT • Ligação das terminações à terra em transições aéreo-subterrâneas

Casos particulares

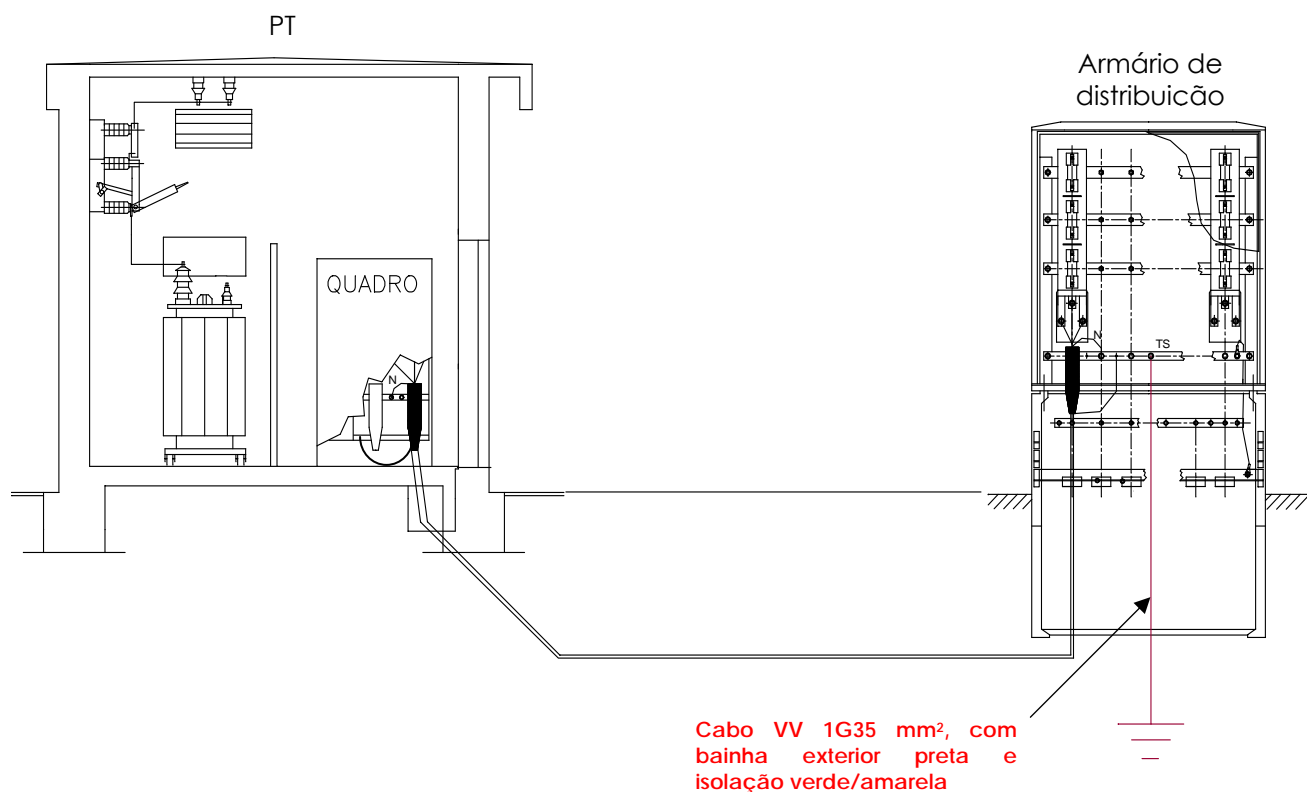


Fig. 5D – RSBT • Ligação de barramento de neutro do armário à terra (c. particulares)

Casos particulares

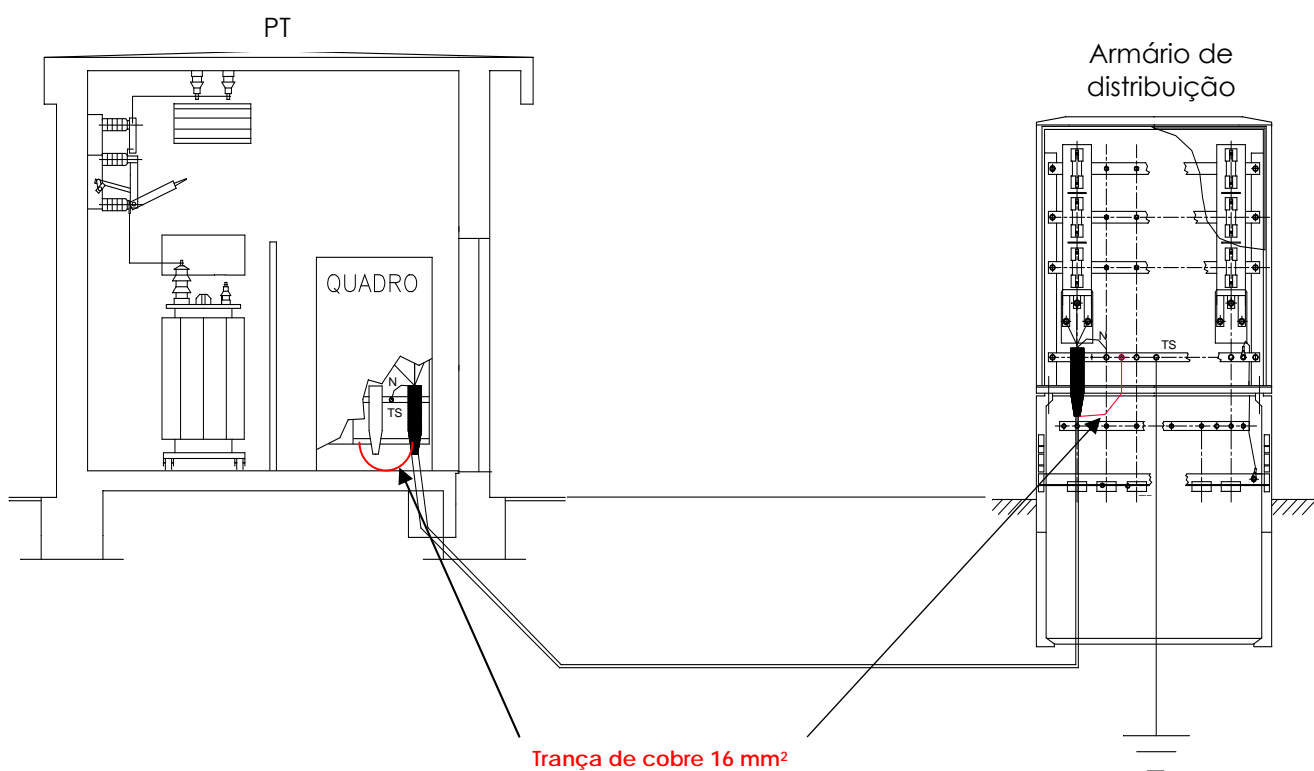


Fig. 6D – RSBT • Ligação das terminações dos cabos subterrâneos à terra (c. particulares)

ANEXO E

DESENHOS

(RAMAIS AÉREOS E SUBTERRÂNEOS BT)

Caso geral e casos particulares (transições aéreo-subterrâneas)

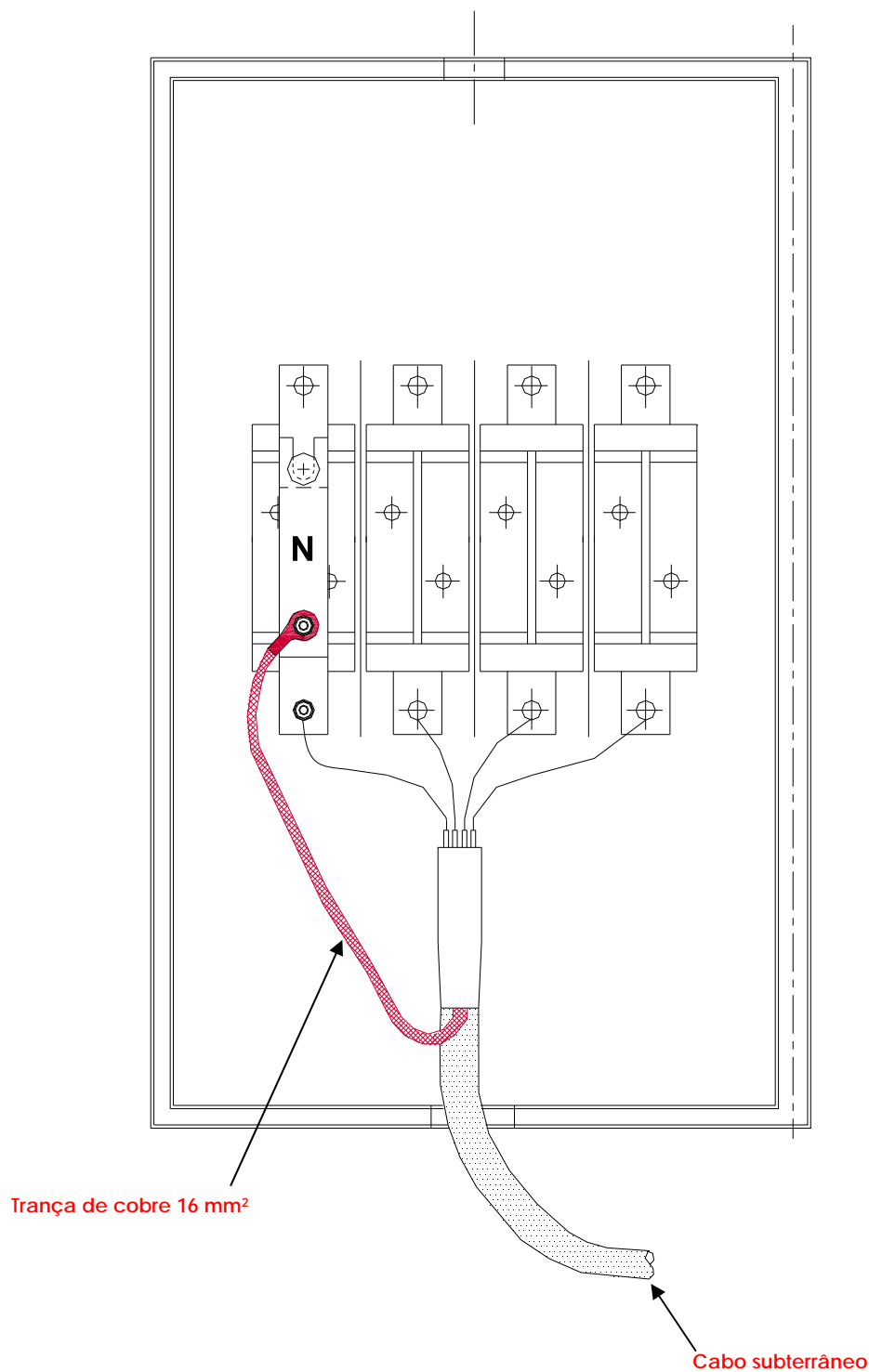


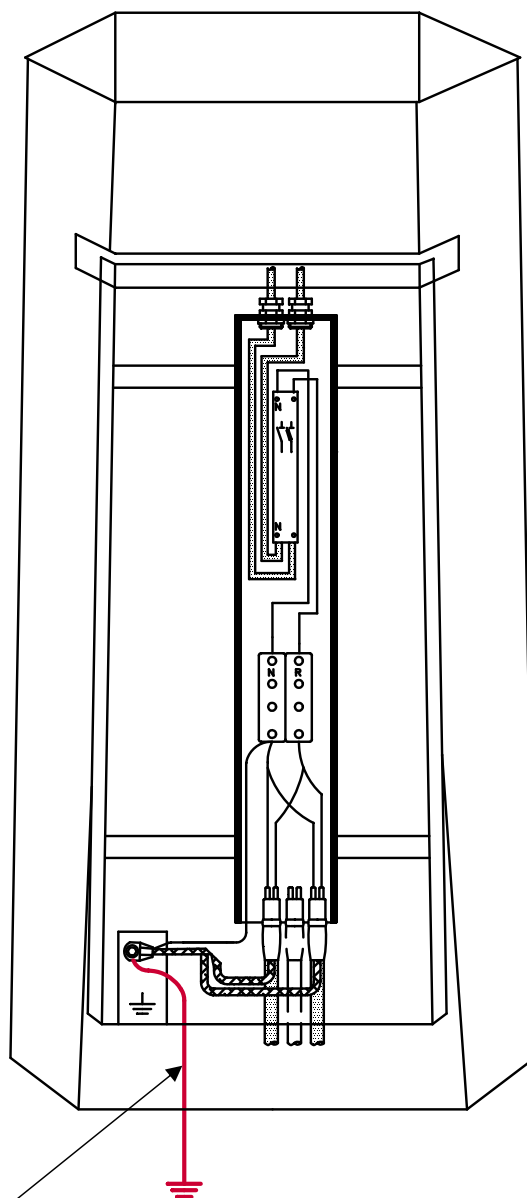
Fig. 1E – Ramais BT • Ligação das terminações dos cabos subterrâneos ao barramento de neutro

ANEXO F

DESENHOS

(REDES SUBTERRÂNEAS DE IP)

Caso geral e casos particulares



Cabo VV 1G35 mm², com
bainha exterior preta e isolamento
verde/amarela

Fig. 1F – RSIP • Ligação do terminal do fuste da coluna aos eléctrodos de terra

Caso geral e casos particulares

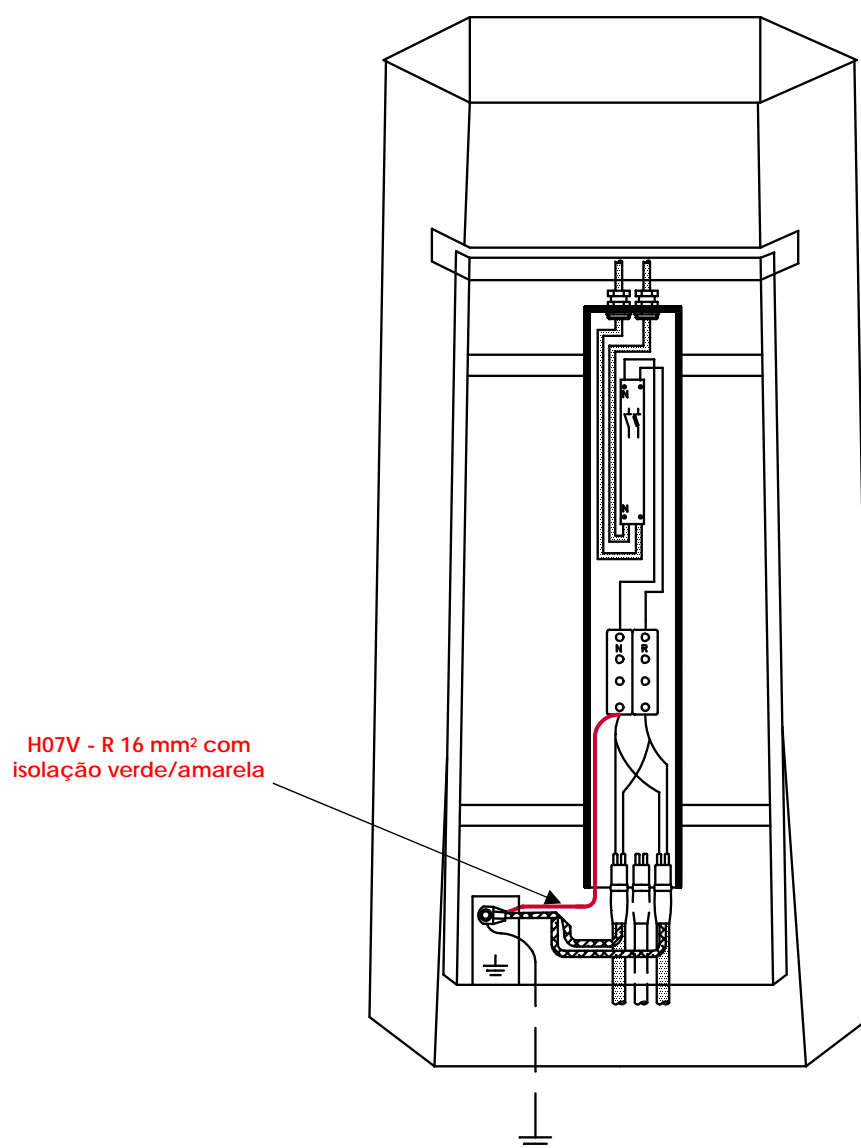


Fig. 2F – RSIP • Ligação do borne de neutro do Quadro IP ao terminal do fuste da coluna

Caso geral e casos particulares

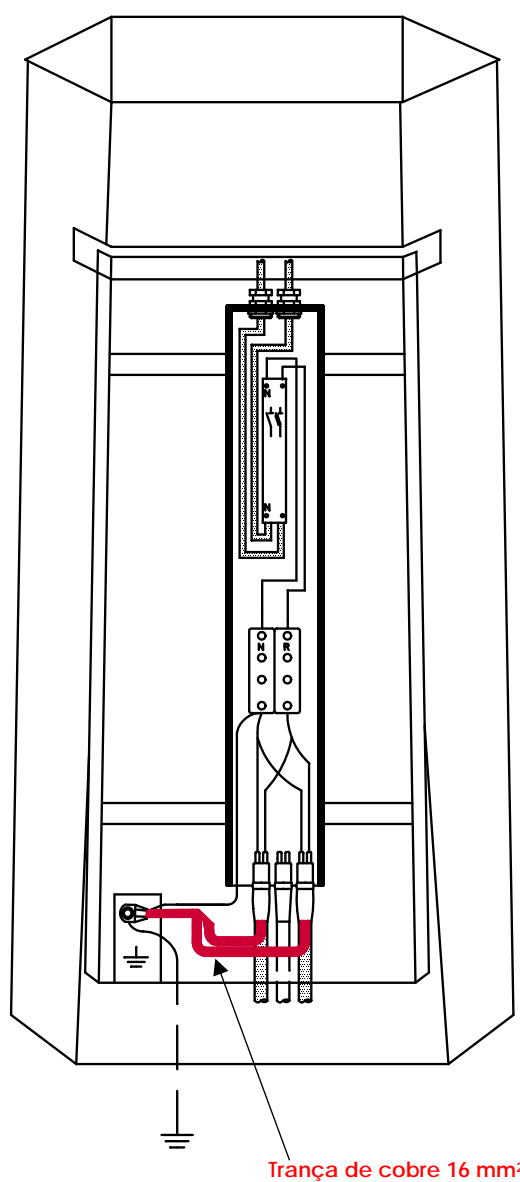


Fig. 3F – RSIP • Ligação das terminações dos cabos subterrâneos ao terminal do fuste da coluna

CONDUTORES ISOLADOS E SEUS ACESSÓRIOS PARA REDES

Pontas para a pesquisa de avarias e ensaios/medições em cabos subterrâneos de baixa tensão

Regras de execução e montagem

Elaboração: DNT

Edição: 1ª

Emissão: EDP Distribuição – Energia, S.A.
DNT – Direcção de Normalização e Tecnologia
Av. Urbano Duarte, 100 • 3030-215 Coimbra • Tel.: 239002000 • Fax: 239002344
E-mail: dnt@edp.pt

Divulgação: EDP Distribuição – Energia, S.A.
GBCI – Gabinete de Comunicação e Imagem
Rua Camilo Castelo Branco nº 43 • 1050-044 Lisboa • Tel.: 210021684 • Fax: 210021635

ÍNDICE

0	INTRODUÇÃO	3
1	OBJECTO	3
2	CAMPO DE APLICAÇÃO.....	3
3	NORMAS E DOCUMENTAÇÃO DE REFERÊNCIA.....	4
4	REGRAS PARA EXECUÇÃO DE PONTAS PARA PESQUISA DE AVARIAS E ENSAIOS/MEDIÇÕES.....	4
4.1	Trança de cobre.....	5
4.2	Manga termorretráctil	6
4.3	Execução.....	7
4.3.1	Primeira execução.....	7
4.3.2	Utilização da ponta para pesquisa de avarias e posterior recolocação do isolamento	8

0 INTRODUÇÃO

O presente documento foi elaborado tendo em vista a uniformização das regras a observar na execução de pontas para pesquisa de avarias e ensaios/medições, a executar para ligação às armaduras dos cabos subterrâneos de baixa tensão, em redes caracterizadas pelo regime de neutro em que o neutro é ligado directamente à terra e as massas metálicas ligadas ao neutro ('terra pelo neutro').

Na elaboração do presente documento foram tidas em consideração quer a informação técnica dos fabricantes de cabos, terminações, mangas termorretrácteis e de tranças e terminais de para condutores em cobre, quer o que se encontra estipulado na respectiva normalização de referência.

1 OBJECTO

O presente documento, que trata de regras de execução e montagem, destina-se a estabelecer os procedimentos gerais a observar na execução de pontas para pesquisa de avarias e ensaios/medições em cabos subterrâneos de baixa tensão, tendo em vista assegurar que as mesmas verificam todas as condições de segurança estabelecidas regulamentarmente e se encontram permanentemente em boas condições de utilização.

2 CAMPO DE APLICAÇÃO

O presente documento aplica-se à execução das pontas para pesquisa de avarias e ensaios/medições em cabos subterrâneos de baixa tensão dos tipos LVAV e LSVAV (0,6/1 kV), dotados de armadura metálica (cabos armados), especificados do documento normativo da EDP Distribuição com a referência DMA-C33-200/N.

As pontas para pesquisa de avarias só serão estabelecidas em redes de BT em que o **regime de neutro** corresponde ao caso geral [classificação referida no Guia Técnico de Terras (DRE-C11-040/N)], ou seja, **o neutro ligado directamente à terra e as massas metálicas ligadas ao neutro** ('terra pelo neutro').

O presente documento destina-se a ser utilizado pelos prestadores de serviços ou outras entidades, na construção e na manutenção de redes subterrâneas de baixa tensão da EDP Distribuição.

3 NORMAS E DOCUMENTAÇÃO DE REFERÊNCIA

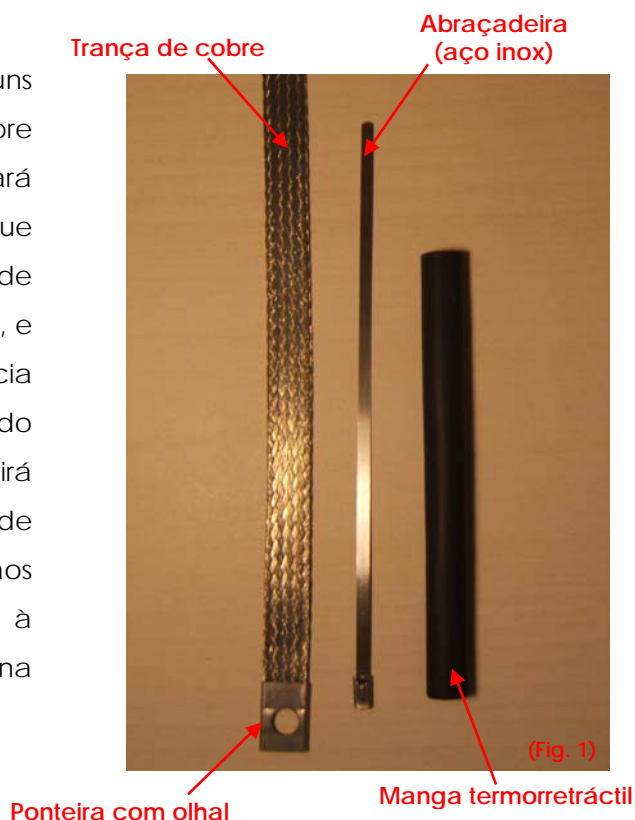
Na elaboração do presente documento foram tidas em consideração, no seu todo ou em parte, disposições ou referências de outros documentos e normas, que a seguir se enumeram:

Legislação	Edição	Título
DMA-C33-200/N	2002	Cabos isolados para redes de BT. Características e ensaios
DRE-C11-040/N	2007	Guia técnico de terras
DSG-C11-300/R	1993	Regulamento de Segurança de Redes de Distribuição de Energia Eléctrica em Baixa Tensão

4 REGRAS PARA EXECUÇÃO DE PONTAS PARA PESQUISA DE AVARIAS E ENSAIOS/MEDIÇÕES

As pontas para pesquisa de avarias serão executadas em cabos subterrâneos de baixa tensão, **no primeiro troço de cabo** (PT – 1º armário, ou PT – Transição subterrânea/aérea, ou PT – Portinhola), **na terminação do lado do posto de transformação**.

Para a sua execução, necessitaremos de utilizar alguns materiais (Fig. 1), tais como a trança de cobre estanhado de 16 mm² de secção (na qual se montará uma ponteira com olhal), que será o elemento que garantirá a acessibilidade à armadura depois de executada a terminação nesta extremidade do cabo, e uma manga termorretráctil, com a referência ATUM - 12/4 – 0, que depois de retraída por acção do calor sobre a trança de cobre com a ponteira, garantirá o isolamento necessário e suficiente para protecção de pessoas contra contactos indirectos (relativamente aos eventuais aumentos do potencial de terra, devidos à ligação da armadura à terra de serviço e protecção na outra extremidade do cabo).

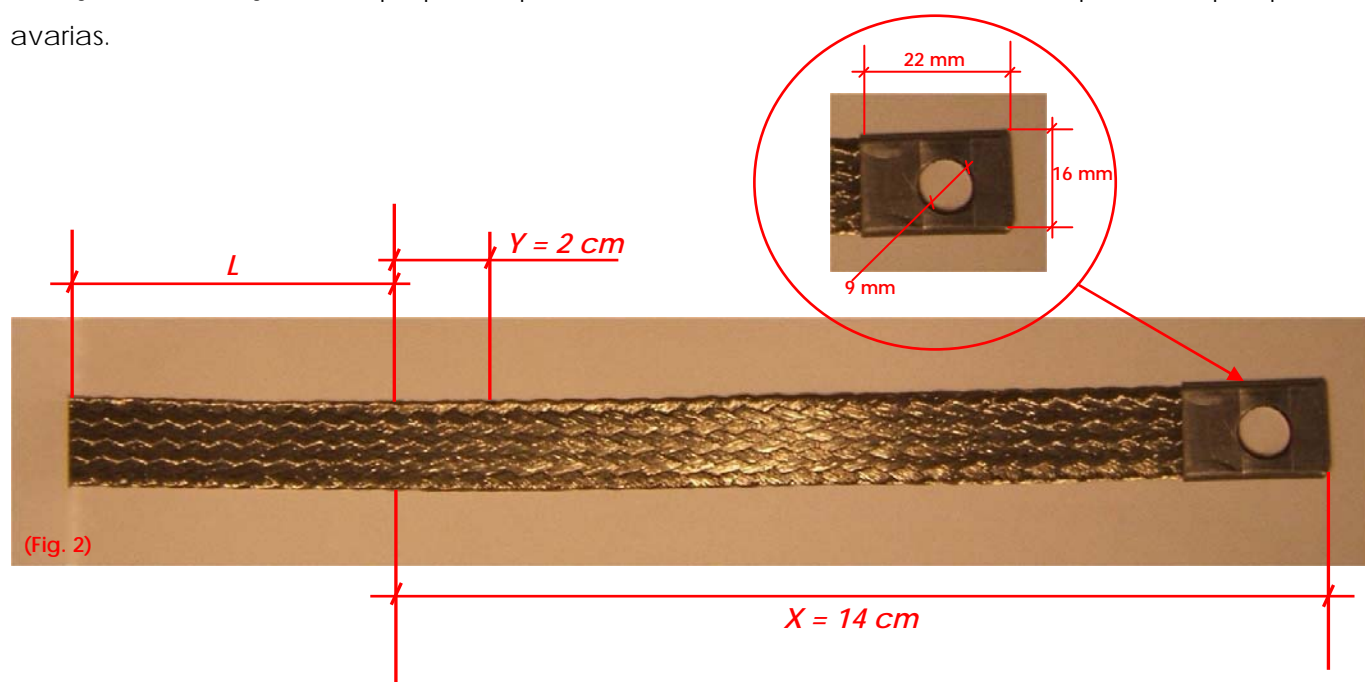


4.1 Trança de cobre

A acessibilidade futura (para pesquisa de avarias e ensaios/medições ao cabo) à armadura do cabo, será conseguida com a montagem de uma trança de cobre estanhada com as características que se encontram resumidas na tabela que a seguir se transcreve.

Secção (mm ²)	Dimensões (largura x altura, em mm)	Peso (kg/m)	Corrente nominal (A)
16	13 x 2,5	0,160	120

A ponta de pesquisa de avarias deverá ser executada por forma a cumprir as dimensões da trança de cobre constantes da figura em anexo (Fig. 2). A dimensão 'L' (variável consoante a secção do cabo e o tipo de terminação a utilizar), será determinada na altura da execução prática da ponta e da terminação. Esta dimensão (L) corresponderá à trança de cobre estanhada que não será coberta pela manga termorretráctil e é a extremidade que é ligada à armadura do cabo, através de uma abraçadeira de aço inox, apropriada para o cabo aonde se está a executar a ponta de pesquisa de avarias.



LEGENDA

X = Comprimento da trança de cobre estanhada que será protegida com a manga termorretráctil;

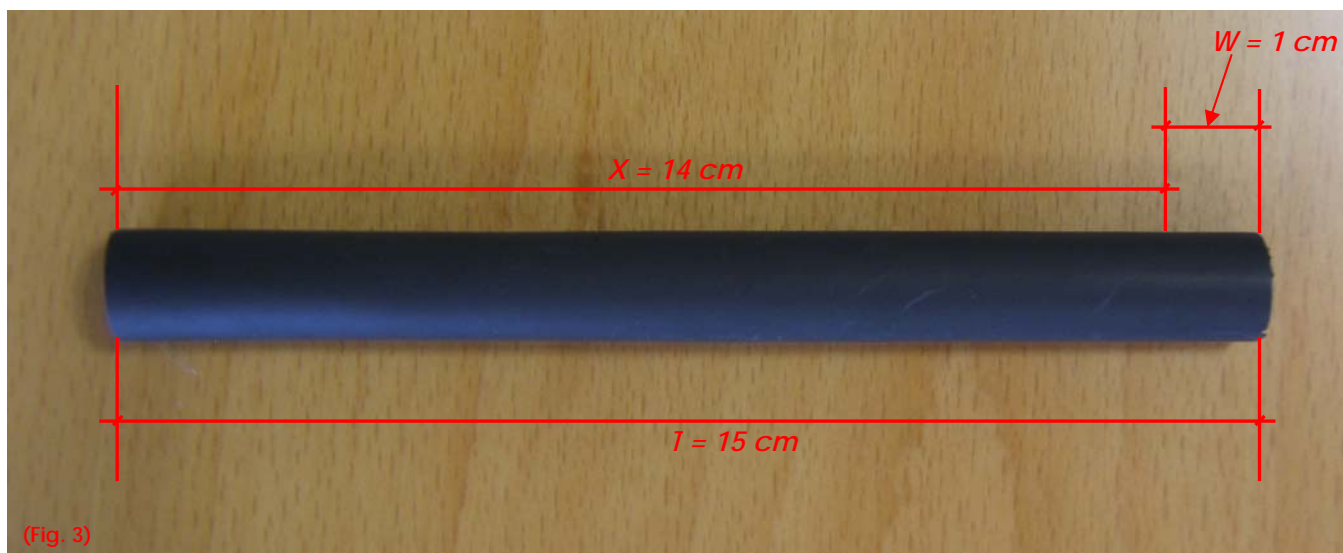
Y = Comprimento de trança protegido por manga termorretráctil que ficará sob a terminação do cabo;

L = Comprimento de trança não protegido por manga termorretráctil. Esta extremidade será ligada à armadura do cabo.

4.2 Manga termorretráctil

A manga termorretráctil a utilizar para isolamento da trança de cobre estanhado terá uma rigidez dieléctrica de 12 MV/m, será do tipo semi flexível, revestida internamente por uma camada de resina com 1,78 mm de espessura e que ao derreter-se por aplicação de calor (necessário para a retracção da manga), irá promover a estanquidade da manga, depois de colocada (retraída) sobre a trança de cobre. A manga terá um coeficiente de retracção de 3:1, mantendo todas as suas propriedades para uma gama de temperaturas entre os -55 °C e os +110 °C (temperatura mínima para se verificar a retracção: +80 °C). A referência e os dados dimensionais são os que constam da tabela ao lado e da figura 3 abaixo.

Ref.	Ø interno mínimo (antes da retracção) (mm)	Ø interno máximo (após retracção) (mm)	Cor
ATUM - 12/4	12	4	preta



(Fig. 3)

LEGENDA

X = Comprimento da manga que será ocupada interiormente pela trança de cobre estanhado;

W = Comprimento da manga livre (será retraída sem que no seu interior haja qualquer elemento);

T = Comprimento total de manga termorretráctil a utilizar para a execução da ponta para pesquisa de avarias e ensaios/medições.

4.3 Execução

Depois de descritas as características e as dimensões a considerar nos materiais a utilizar, estamos agora em condições para passar à execução prática da ponta para pesquisa de avarias, descrevendo-se em seguida as operações a efectuar para a primeira execução e a reposição do isolamento da ponta, depois da realização de uma pesquisa de uma avaria ou da realização de um ensaio ou medição.

4.3.1 Primeira execução

Depois de cortada a trança de cobre estanhado, com as dimensões constantes da figura 2, ou seja, igual ao somatório das dimensões aí referenciadas ($X + L$), com 14 centímetros mais o comprimento ' L ', que será determinado tendo por referencias a secção do cabo subterrâneo para o qual se está a executar a ponta e a distância ao ponto de fixação da trança à armadura do cabo, colocar-se-á numa das extremidades, através de cravação por ferramenta adequada, uma ponteira metálica com olhal, com as dimensões que também são indicadas na figura 2.

Seguidamente, teremos de passar à fase de isolamento da trança de cobre, correspondendo à parte que depois de executada a ponta e a terminação do cabo, é a que ficará acessível para pesquisas. Para esse efeito, terão de se cortar 15 centímetros de manga termorretráctil do tipo já descrito (é fornecida em conjuntos com o comprimento individual de 1,22 m), respeitando-se assim a dimensão referida na figura 3.

Para isolar a nossa ponta de pesquisa de avarias, ter-se-á de juntar a trança de cobre com a manga termorretráctil. Assim, continuando a considerar as dimensões referidas nas figuras 2e 3, faremos passar a trança de cobre por dentro da manga, fazendo coincidir a medida ' X ' da manga com a mesma medida ' X ' marcada na trança de cobre. Seguidamente, proceder-se-á à retracção da manga, através de calor fornecido por um equipamento especializado para o efeito e à temperatura recomendada pelo fabricante da manga.



Após a retracção teremos a trança de cobre isolada, tal como se mostra na figura 4, correspondendo ' W ' à porção de manga que foi retraída sobre si própria, para melhorar a estanquidade e a resistência mecânica da parte terminal da ponta para pesquisa de avarias.

LEGENDA

$X = 14 \text{ cm}; \quad Y = 2 \text{ cm}; \quad W = 1 \text{ cm};$

$L =$ Comprimento de trança não protegido por manga termorretráctil.

Depois de elaborada e isolada a ponta para pesquisa de avarias, teremos de a aplicar no cabo. Assim, a ponta (a extremidade não isolada), será ligada à armadura do cabo através de uma abraçadeira de aço inox, igual à que está representada na figura 1. A fixação deverá ser feita por forma a que quando se colocar o capacete isolante na terminação, este consiga sobrepor a distância ' $L+Y$ ', conseguindo-se desta forma obter uma ponta para pesquisa de avarias completamente isolada.

4.3.2 Utilização da ponta para pesquisa de avarias e posterior recolocação do isolamento

Depois de executada a ponta para pesquisa de avarias e ensaios/medições, esta permanecerá no posto de transformação, em boas condições de isolamento, até se verificar uma necessidade de intervenção, em que se deverá actuar de acordo com o que a seguir se descreve.

4.3.2.1 Primeira utilização

Na primeira vez em for necessário fazer uma pesquisa de avarias ou um ensaio num cabo subterrâneo, para termos acesso à trança (ponteira com olhal), deveremos fazer uma incisão transversal na manga termorretráctil, com um instrumento cortante adequado, no local onde termina a ponteira com olhal (incisão feita a toda a volta da trança) e uma incisão longitudinal (à frente da incisão transversal já descrita), que será feita no sentido da extremidade da ponta de pesquisa de avarias (ver figura 5). Seguidamente e ao aquecermos a parte da manga assim seccionada, com equipamento adequado, a manga abrir-se-á, retirando-se assim de cima da ponteira, permitindo desta forma a acessibilidade necessária à realização da pesquisa de avarias ou à realização de ensaios.



Para recolocar o isolamento depois da utilização, cortar-se-á uma nova porção de manga termorretráctil com um comprimento de **42 mm**, correspondente à soma de três comprimentos (**10+22+10=42 mm**), em que os primeiros **10 mm** correspondem à parte que será sobreposta sobre a parte da manga que não foi retirada, os **22 mm** correspondem ao comprimento da ponteira com olhal e os restantes **10 mm** corresponderão à extremidade da ponta, ou seja, ao comprimento da manga a retraindo sobre si própria. Depois de colocada e tal como foi descrito, proceder-se-á à retracção desta nova porção de manga, para que a ponta para pesquisa de avarias fique novamente isolada após a realização dos trabalhos.

4.3.2.2 Utilizações posteriores

Em utilizações posteriores a actuação será semelhante à descrita anteriormente, mas mais fácil de executar. Assim, para retirar a manga de cima da ponteira com olhal, dado que já não é a primeira utilização e por isso teremos no extremo da ponta para pesquisa de avarias uma porção de manga termorretráctil com 42 mm de comprimento (que cobre a ponteira com olhal), bastará fazer uma incisão longitudinal nesta pequena porção de manga e aplicar calor para que os 42 mm de manga se abram e deixem livre a ponteira da trança para a realização das pesquisas e/ou ensaios que tenham de se fazer.

A recolocação do isolamento sobre a ponta far-se-á tal como descrito na secção 4.3.2.1 do presente documento.

GUIA TÉCNICO DE TERRAS

2ª parte – Eléctrodos de terra

Regras de selecção e de instalação

Elaboração: DNT

Homologação: conforme despacho do CA de 2005-07-26

Edição: 1ª

Emissão: EDP Distribuição – Energia, S.A.
DNT – Direcção de Normalização e Tecnologia
Av. Urbano Duarte, 100 • 3030-215 COIMBRA • Tel.: 239002000 • Fax: 239002344
E-mail: dnt@edis.edp.pt

Divulgação: EDP Distribuição – Energia, S.A.
GBCI – Gabinete de Comunicação e Imagem
Rua Camilo Castelo Branco nº 43 • 1050-044 Lisboa • Tel.: 210021684 • Fax: 210021635

ÍNDICE

0	INTRODUÇÃO.....	3
1	CAMPO DE APLICAÇÃO.....	3
2	NORMAS E DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA.....	4
3	TIPOS DE ELÉCTRODOS DE TERRA.....	4
4	REGRAS DE SELECÇÃO.....	4
4.1	Generalidades	4
4.2	Instalações e equipamentos a considerar.....	4
4.3	Características do terreno e configurações de eléctrodos.....	5
4.3.1	Resistividade do solo	5
4.3.2	Configurações de eléctrodos de terra	5
4.3.3	Adequação de diferentes configurações de eléctrodos de terra.....	5
5	REGRAS DE INSTALAÇÃO	6
5.1	Generalidades	6
5.2	Materiais.....	6
5.3	Recomendações de instalação para as diferentes configurações de eléctrodos de terra	10
5.3.1	Varetas simples ou extensíveis.....	10
5.3.2	Varetas em paralelo	10
5.3.3	Serpentina simples	11
5.3.4	Serpentina dupla	11
5.3.5	Serpentina dupla longa.....	12
5.3.6	Estrela.....	12
	ANEXO A – DESENHOS DE INSTALAÇÃO DE ELÉCTRODOS DE TERRA	13
	ANEXO B – CARACTERÍSTICAS CONSTRUTIVOAS E DIMENSIONAIS DE ELÉCTRODOS DE TERRA.....	19
	ANEXO C – VALORES MÉDIOS DE RESISTIVIDADES DE ALGUNS SOLOS E MATERIAIS	20
	ANEXO D – DESCRIÇÃO DE DIFERENTES CONFIGURAÇÕES DE ELÉCTRODOS DE TERRA	21
	ANEXO E – TIPOS DE ELÉCTRODOS	24

0 INTRODUÇÃO

As instalações de terra são constituídas por um (ou vários) eléctrodo(s) de terra enterrado(s), e por condutores de terra, que ligam os eléctrodos às respectivas instalações MT e BT da EDP Distribuição.

Os condutores de terra, nomeadamente quanto às suas características e condições de instalação, foram objecto da 1ª parte do Guia Técnico de Terras.

O presente documento constitui-se como a 2ª parte do Guia Técnico de Terras.

As características dos eléctrodos de terra serão objecto da 3ª parte do Guia Técnico de Terras.

Os eléctrodos de terra são constituídos por materiais metálicos enterrados no solo, podendo estes serem em cobre, aço galvanizado, ou aço revestido a cobre perfeitamente aderente ou outro material apropriado (ferro zincado ou ferro fundido, por exemplo).

As dimensões mínimas dos eléctrodos de terra mais correntes estão indicadas no quadro B.1 do anexo B do presente documento. Essas dimensões garantem, em princípio, que os eléctrodos:

- não são danificados pelas correntes de defeito que os atravessam;
- têm resistência mecânica suficiente;
- não são prematuramente inutilizados por eventual corrosão química.

A utilização de eléctrodos de terra nas redes de distribuição da EDP está enquadrada pela regulamentação em vigor¹⁾, pela norma HD 637 S1²⁾, pelo Manual de Terras da Distribuição, e também pelas especificações técnicas EDP existentes³⁾.

O presente documento pretende definir um conjunto de regras de selecção e de instalação de eléctrodos de terra, utilizados nas redes de distribuição MT e BT.

1 CAMPO DE APLICAÇÃO

O presente documento aplica-se a eléctrodos de terra utilizados na ligação à terra das seguintes instalações e equipamentos da EDP Distribuição:

- redes de MT (postes, armações, equipamento de rede aérea e de transições aéreo-subterrâneas);
- Postos de Transformação, aéreos e de cabina;
- redes de BT (aéreas e subterrâneas);
- redes (subterrâneas) de IP.

1) Regulamento de Segurança de Subestações e Postos de Transformação e Seccionamento (RSSPTS), Regulamento de Segurança de Linhas Eléctricas de AT (RSLEAT) e Regulamento de Segurança de Redes de Distribuição de Energia Eléctrica em Baixa Tensão (RSRDEEBT).

2) Norma CENELEC HD 637 S1, Power Installations exceeding 1 kV a.c., aplicável a Subestações, Postos de Transformação e Postos de Seccionamento (não aplicável a linhas aéreas e subterrâneas entre instalações).

3) A especificação técnica da EDP para eléctrodos de terra (DMA-C65-210/E, edição de Junho de 1997) refere-se a eléctrodos de terra verticais (varetas) constituídos por uma alma de aço com revestimento de cobre (tipo "copperweld"), para utilização nas redes de distribuição BT, MT e AT, e está alinhada com a norma ANSI/UL 467, edição de 1984 - esta norma, na sua edição de 1998, foi revista em 2004.

2 NORMAS E DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA

RSSPTS - Regulamento de Segurança de Subestações e Postos de Transformação e Seccionamento.

RSLEAT - Regulamento de Segurança de Linhas Eléctricas de AT.

RSRDEEBT - Regulamento de Segurança de Redes de Distribuição de Energia Eléctrica em Baixa Tensão.

DRE-C17-001/E - Manual de Terras da Distribuição, 3ª edição, Junho de 1999.

DRE-C11-040/N - Guia Técnico de Terras, 1ª parte - Ligações à terra, edição de Julho 2005.

HD 637 S1, Power Installations exceeding 1 kV a.c..

Prises de terre pour réseaux électriques de distribution, EDF, Specification Technique, HN 64-S-55, Avril 1997.

3 TIPOS DE ELÉCTRODOS DE TERRA

Os eléctrodos de terra podem ser classificados em dois tipos:

- eléctrodos de terra horizontais: eléctrodos enterrados, geralmente até a uma profundidade de cerca de 1m (normalmente cabos nus, constituídos por condutores maciços ou multifilares, com configuração em serpentina ou estrela);
- eléctrodos de terra verticais: eléctrodos enterrados, geralmente a uma profundidade superior a 1 m (normalmente varetas, simples ou extensíveis, com configuração isolada ou em paralelo).

4 REGRAS DE SELECÇÃO

4.1 Generalidades

A escolha do tipo de eléctrodo de terra mais adequado para uma determinada utilização, deve ter em atenção as características do terreno (dureza e resistividade), bem como a resistência mecânica, eléctrica e a resistência à corrosão do eléctrodo.

A nível das características do terreno, a resistividade do solo (que depende do tipo de solo) e a sua humidade, são as que mais influenciam o valor da resistência de terra do eléctrodo de terra.

Na escolha do tipo e configuração de eléctrodos a utilizar, deverá também ser tido em conta o espaço disponível para a sua instalação.

4.2 Instalações e equipamentos a considerar

No relativo à selecção do eléctrodo de terra, as instalações e equipamentos a considerar são os referidos na secção 1 do presente documento.

Nos termos da regulamentação em vigor, os valores máximos das resistências de terra dessas instalações e equipamentos são os seguintes:

- redes BT e IP: $10\ \Omega$ ou $20\ \Omega^{4)}$;
- redes MT: $20\ \Omega^{5)}$;
- Postos de Transformação: $20\ \Omega^{6)}$.

4) Conforme RSRDEEBT e Guia Técnico de Terras, 1ª parte.

5) Conforme RSLEAT e Guia Técnico de Terras, 1ª parte.

6) Conforme RSSPTS e Guia Técnico de Terras, 1ª parte.

4.3 Características do terreno e configurações de eléctrodos

4.3.1 Resistividade do solo

A resistência de terra do eléctrodo, para além de depender da sua forma, dimensões e disposição, depende do valor da resistividade do solo.

No anexo C deste documento indicam-se os valores médios das resistividades de alguns solos e materiais.

4.3.2 Configurações de eléctrodos de terra

Para cada um dos dois tipos de eléctrodos de terra (vertical e horizontal), o valor da resistência de terra, para além da dependência referida, acima na secção 4.3.1, depende também da configuração de eléctrodos utilizada – forma e número de eléctrodos.

No caso de terrenos cuja resistividade média não seja superior a $1\,000\ \Omega\cdot\text{m}$, as configurações de eléctrodos de terra adequadas para se obterem valores de resistência de terra inferiores a uma centena de *Ohm* são: varetas simples ou extensíveis, isoladas ou em paralelo, ou cabos nus (configuração em serpentina, simples, dupla ou longa, ou configuração em estrela).

A descrição das diferentes configurações de eléctrodos anteriormente referidas consta do anexo D deste documento.

4.3.3 Adequação de diferentes configurações de eléctrodos de terra

A determinação, ainda que numa forma aproximada, da adequação de diferentes tipos de eléctrodos de terra aos valores máximos regulamentares de resistência de terra das instalações e equipamentos anteriormente referidos consta dos quadros E.1 e E.2 do anexo E do presente documento (valores mais favoráveis evidenciados a **bold**).

A determinação do valor da resistência de terra, em função da resistividade do solo e do tipo de eléctrodo utilizado, foi feita utilizando os ábacos e fórmulas constantes das normas HD 637 S1 e HN 64-S-55.

Uma análise de cada um dos quadros permite concluir os seguintes aspectos mais relevantes:

- no caso de solos de resistividade baixa (até $200/300\ \Omega\cdot\text{m}$), a utilização de varetas simples ou extensíveis, com configuração isolada ou em paralelo, é a solução mais adequada;
- no caso de solos de resistividade mais elevada (até $500\ \Omega\cdot\text{m}$), poderá ser utilizado cabo nu (secção mínima de $25\ \text{mm}^2$) – configuração em serpentina – desde que a natureza do solo e o espaço disponível permita a abertura de vala com a dimensão necessária;
- considera-se, porém que, quando possível, se deverá dar preferência à utilização de cabo nu (secção mínima de $25\ \text{mm}^2$) – configuração em estrela.

De facto, para além desta solução se adequar melhor a solos de resistividade mais elevada (próxima dos $1\,000\ \Omega\cdot\text{m}$), está mais vocacionada para situações em que, por razões de limitação de espaço disponível, não é possível a abertura de vala que permita a adopção da configuração em serpentina;

- no caso de solos de alta resistividade (acima de $1\,000\ \Omega\cdot\text{m}$), deverá procurar-se soluções mais eficazes para redução da resistência de terra, tais como, por exemplo, enterramento do eléctrodo a grande profundidade (se a resistividade do terreno for baixa a essa profundidade, como resultado comprovado de medições a efectuar).

5 REGRAS DE INSTALAÇÃO

5.1 Generalidades

A instalação de eléctrodos de terra nas diversas instalações de MT e BT da EDP Distribuição, para além da verificação das regras descritas neste documento, deve respeitar as recomendações do fabricante, as quais constam das instruções de montagem que acompanham os eléctrodos.

Os eléctrodos de terra do tipo horizontal devem ser enterrados a uma profundidade compreendida entre 0,5 m a 1 m.

No caso dos eléctrodos de terra do tipo vertical, a sua extremidade superior deve situar-se abaixo do nível do solo, a uma profundidade não inferior a 0,8 m.

Os eléctrodos de terra devem, sempre que possível, ser enterrados nas partes mais húmidas dos terrenos disponíveis, afastados de depósitos ou de locais de infiltração de produtos que os possam corroer (fumeiros, estrumeiras, nitreiras, produtos químicos, coque, etc.) e longe de locais de presença, passagem ou permanência habitual de pessoas e/ou animais.

5.2 Materiais

Os materiais a empregar para execução dos eléctrodos de terra nas diversas instalações devem estar de acordo com o indicado, seguidamente, nos quadros 1 e 2.

Quadro 1
Materiais para execução dos eléctrodos de terra horizontais

Instalação/ /Equipamento	Características do terreno (resistividade $\Omega.m$)	Tipo de eléctrodo de terra	Condutor para execução do eléctrodo de terra	Condutor para ligação do eléctrodo de terra à instalação	Conector de ligação do condutor de terra ao terminal de terra da instalação	Conectores de ligação entre os condutores de execução do eléctrodo de terra e o condutor de terra
Postes de betão	Inferior a 1000	Serpentina simples	Cabo de cobre nu de 35 mm ^{2(*)} (275301)	Cabo de cobre nu de 35 mm ² (275301)	Terminal de compressão (276956)	Conector paralelo de aperto mecânico (275493)
		Serpentina dupla/dupla longa				
		Estrela	Cabo de cobre nu de 35 mm ^{2(*)} (275301)	Cabo de cobre nu de 35 mm ² (275301)	Terminal de compressão (276956)	Conector paralelo de aperto mecânico (275493)
Postes metálicos	Inferior a 1000	Serpentina simples	Cabo de cobre nu de 35 mm ^{2(*)} (275301)	Cabo VV, 1x35 mm ² (275347)	Terminal de compressão (276956)	Conector paralelo de aperto mecânico (275493)
		Serpentina dupla/dupla longa				
		Estrela	Cabo de cobre nu de 35 mm ^{2(*)} (275301)	Cabo VV, 1x35 mm ² (275347)	Terminal de compressão (276956)	Conectores paralelos de aperto mecânico (275493)
Armações	Inferior a 1000	Serpentina simples	Cabo de cobre nu de 35 mm ^{2(*)} (275301)	Cabo VV, 1x35 mm ² (275347)	Terminal de compressão (276956)	Conector paralelo de aperto mecânico (275493)
		Serpentina dupla/dupla longa				
		Estrela	Cabo de cobre nu de 35 mm ^{2(*)} (275301)	Cabo VV, 1x35 mm ² (275347)	Terminal de compressão (276956)	Conectores paralelos de aperto mecânico (275493)
Equipamentos de rede aérea	Inferior a 1000	Serpentina simples	Cabo de cobre nu de 35 mm ^{2(*)} (275301)	Cabo VV, 1x35 mm ² (275347)	Terminal de compressão (276956)	Conector paralelo de aperto mecânico (275493)
		Serpentina dupla/dupla longa				
		Estrela	Cabo de cobre nu de 35 mm ^{2(*)} (275301)	Cabo VV, 1x35 mm ² (275347)	Terminal de compressão (276956)	Conectores paralelos de aperto mecânico (275493)

- Continua -

- Cont. quadro 1 -

Instalação/ /Equipamento	Características do terreno (resistividade Ω.m)	Tipo de eléctrodo de terra	Condutor para execução do eléctrodo de terra	Condutor para ligação do eléctrodo de terra à instalação	Conector de ligação do condutor de terra ao terminal de terra da instalação	Conectores de ligação entre os condutores de execução do eléctrodo de terra e o condutor de terra
Transições aéreo- subterrâneas	Inferior a 1000	Serpentina simples	Cabo de cobre nu de 35 mm ² (*) (275301)	Cabo VV, 1x35 mm ² (275347)	Terminal de compressão (276956)	Conector paralelo de aperto mecânico (275493)
		Serpentina dupla/dupla longa				
		Estrela	Cabo de cobre nu de 35 mm ² (*) (275301)	Cabo VV, 1x35 mm ² (275347)	Terminal de compressão (276956)	Conectores paralelos de aperto mecânico (275493)
Postos de Transformação aéreos	Inferior a 1000	Serpentina simples	Cabo de cobre nu de 35 mm ² (*) (275301)	Cabo VV, 1x35 mm ² (275347)	Terminal de compressão (276956)	Conector paralelo de aperto mecânico (275493)
		Serpentina dupla/dupla longa				
		Estrela	Cabo de cobre nu e 35 mm ² (*) (275301)	Cabo VV, 1x35 mm ² (275347)	Terminal de compressão (276956)	Conectores paralelos de aperto mecânico (275493)
Postos de Transformação cabina	Inferior a 1000	Serpentina simples	Cabo de cobre nu de 35 mm ² (*) (275301)	Cabo VV, 1x35 mm ² (275347) ^{2(**)}	Terminal de compressão (276956)	Conector paralelo de aperto mecânico (275493)
		Serpentina dupla/dupla longa				
		Estrela	Cabo de cobre nu de 35 mm ² (*) (275301)	Cabo VV, 1x35 mm ² (^{**}) (275347)	Terminal de compressão (276956)	Conectores paralelos de aperto mecânico (275493)
Redes aéreas e subterrâneas de BT e IP	Inferior a 1000	Serpentina simples	Cabo de cobre nu de 35 mm ² (*) (275301)	Cabo VV, 1x35 mm ² (275347)	Terminal de compressão (276956)	Conector paralelo de aperto mecânico (275493)
		Serpentina dupla/dupla longa				
		Estrela	Cabo de cobre nu de 35 mm ² (*) (275301)	Cabo VV, 1x35 mm ² (275347)	Terminal de compressão (276956)	Conectores paralelos de aperto mecânico (275493)
(*) Comprimento de acordo com a configuração do eléctrodo descrita no anexo D deste documento.						
(**) Este cabo interliga o ligador amovível de terra da instalação (barra de cobre 30x5 mm fixa em dois pernos) ao eléctrodo de terra – ver secção 2.2.1 da 1ª parte do Guia Técnico de Terras.						

Quadro 2
Materiais para execução dos eléctrodos de terra verticais

Instalação/ /Equipamento	Características do terreno (resistividade $\Omega.m$)	Tipo de eléctrodo de terra	Condutor para ligação entre eléctrodos de terra	Condutor para ligação do eléctrodo de terra à instalação	Conector para ligação do condutor de terra ao terminal de terra da instalação	Conectores de ligação dos condutores para ligação dos eléctrodos de terra
Postes de betão	Inferior a 200	Vareta simples ou extensível ^(*)	----	Cabo de cobre nu de 35 mm ² (275301)	Terminal de compressão (276956)	----
	Superior a 200 e inferior a 300	Varetas em paralelo ^(**)	Cabo VV, 1x35 mm ² (275347)			Abraçadeiras ^(****)
Postes metálicos	Inferior a 200	Vareta simples ou extensível ^(*)	----	Cabo VV, 1x35 mm ² (275347)	Terminal de compressão (276956)	----
	Superior a 200 e inferior a 300	Varetas em paralelo ^(**)	Cabo VV, 1x35 mm ² (275347)			Abraçadeiras ^(****)
Armações	Inferior a 200	Varetas simples ou extensíveis ^(*)	----	Cabo VV, 1x35 mm ² (275347)	Terminal de compressão (276956)	----
	Superior a 200 e inferior a 300	Varetas em paralelo ^(**)	Cabo VV, 1x35 mm ² (275347)			Abraçadeiras ^(****)
Equipamentos de rede aérea	Inferior a 200	Varetas simples ou extensíveis ^(*)	----	Cabo VV, 1x35 mm ² (275347)	Terminal de compressão (276956)	----
	Superior a 200 e inferior a 300	Varetas em paralelo ^(**)	Cabo VV, 1x35 mm ² (275347)			Abraçadeiras ^(****)
Transições aéreo- subterrâneas	Inferior a 200	Varetas simples ou extensíveis ^(*)	----	Cabo VV, 1x35 mm ² (275347)	Terminal de compressão (276956)	----
	Superior a 200 e inferior a 300	Varetas em paralelo ^(**)	Cabo VV, 1x35 mm ² (275347)			Abraçadeiras ^(****)
Postos de transformação aéreos	Inferior a 200	Varetas simples ou extensíveis ^(*)	----	Cabo VV, 1x35 mm ² (275347)	Terminal de compressão (276956)	----
	Superior a 200 e inferior a 300	Varetas em paralelo ^(**)	Cabo VV, 1x35 mm ² (275347)			Abraçadeiras ^(****)
Postos de transformação cabina	Inferior a 200	Varetas simples ou extensíveis ^(*)	----	Cabo VV, 1x35 mm ² ^(***) (275347)	Terminal de compressão (276956)	----
	Superior a 200 e inferior a 300	Varetas em paralelo ^(**)	Cabo VV, 1x35 mm ² (275347)			Abraçadeiras ^(****)
Redes aéreas e subterrâneas de BT e IP	Inferior a 200	Varetas simples ou extensíveis ^(*)	----	Cabo VV, 1x35 mm ² (275347)	Terminal de compressão (276956)	----
	Superior a 200 e inferior a 300	Varetas em paralelo ^(**)	Cabo VV, 1x35 mm ² (275347)			Abraçadeiras ^(****)

^(*) Inclui uma abraçadeira por vareta (simples ou extensível) e uma união por cada extensão de vareta.

^(**) Inclui a respectiva abraçadeira.

^(***) Este cabo interliga o ligador amovível de terra da instalação (barra de cobre 30x5 mm fixa em dois pernos) ao eléctrodo de terra – ver secção 2.2.1 da 1ª parte do Guia Técnico de Terras.

^(****) Adequadas às varetas utilizadas.

5.3 Recomendações de instalação para as diferentes configurações de eléctrodos de terra

5.3.1 Varetas simples ou extensíveis

A instalação de varetas simples ou extensíveis deve ser efectuada de acordo com o indicado no desenho nº 2005-GV-001, apresentado no anexo A deste documento.

A concepção e construção do circuito de ligação do eléctrodo de terra deve seguir o traçado indicado no desenho atrás referido e verificar os seguintes aspectos construtivos:

- utilizar-se-á uma vareta (eléctrodo de terra aço/Cu, 14,3 – 2 m ou 6 m de comprimento, com respectivas abraçadeiras e uniões) - ver figura 5.3.1;
- a profundidade de enterramento da vareta será de 0,8 m;
- o circuito de terra deve ser constituído por um condutor ininterrupto em cabo de cobre nu ou cabo VV de 35 mm² que estabelece a ligação entre o terminal de terra da instalação e o eléctrodo de terra.



Figura 5.3.1

5.3.2 Varetas em paralelo

A instalação de varetas em paralelo deve ser efectuada de acordo com o indicado no desenho nº 2005-GV-002, apresentado no anexo A do presente documento.

A concepção e construção do circuito de ligação do eléctrodo de terra deve seguir o traçado indicado no desenho atrás referido e verificar os seguintes aspectos construtivos:

- utilizar-se-ão três ou cinco varetas (eléctrodo de terra aço/Cu, 14,3 – 2m de comprimento e respectivas abraçadeiras);
- a distância entre varetas será de 2,5 m;
- a profundidade de enterramento das varetas será de 0,8 m;
- o circuito de terra deve ser constituído por um condutor ininterrupto em cabo de cobre nu ou cabo VV de 35 mm² que estabelece a ligação entre o terminal de terra da instalação e uma das varetas;
- a ligação entre essa vareta e as restantes será feita por cabo VV de 35 mm² – cabo com comprimento de 5 m (caso de três varetas) ou 10m (caso de cinco varetas);
- a vala terá um comprimento de 5 m (caso de três varetas) ou de 10 m (caso de cinco varetas);
- a vala terá uma largura mínima possível.



Figura 5.3.2

5.3.3 Serpentina simples

A instalação de serpentinas simples deve ser efectuada de acordo com o indicado no desenho nº 2005-GV-004, apresentado no anexo A do presente documento.

A concepção e construção do circuito de ligação do eléctrodo de terra deve seguir o traçado indicado no desenho atrás referido e verificar os seguintes aspectos construtivos:

- utilizar-se-á um condutor de cobre nu de 35 mm² com 10 m de comprimento - ver figura 5.3.3;
- o circuito de terra deve ser constituído por um condutor ininterrupto em cabo de cobre nu ou cabo VV de 35 mm² que estabelece a ligação entre o terminal de terra da instalação e a serpentina;
- a vala terá um comprimento de 3 m, uma largura de 0,6 m e uma profundidade de 0,8 m.



Figura 5.3.3

5.3.4 Serpentina dupla

A instalação de serpentina dupla deve ser efectuada de acordo com o indicado no desenho nº 2005-GV-003, apresentado no anexo A do presente documento.

A concepção e construção do circuito de ligação do eléctrodo de terra deve seguir o traçado indicado no desenho atrás referido e verificar os seguintes aspectos construtivos:

- utilizar-se-á um condutor de cobre nu de 35 mm² com 2x10 m de comprimento - ver figura 5.3.4;
- o circuito de terra deve ser constituído por um condutor ininterrupto em cabo de cobre nu ou cabo VV de 35 mm² que estabelece a ligação entre o terminal de terra da instalação e a serpentina;
- a vala terá um comprimento de 2x3 m, uma largura de 0,6 m e uma profundidade de 0,8 m.



Figura 5.3.4

5.3.5 Serpentina dupla longa

A instalação de serpentina dupla longa é globalmente idêntica, em termos de procedimentos, aos da serpentina dupla.

A concepção e construção do circuito de ligação do eléctrodo de terra deve seguir o traçado indicado no desenho atrás referido e verificar os seguintes aspectos construtivos:

- utilizar-se-á um condutor de cobre nu de 35 mm² com 2x15 m de comprimento - ver figura 5.3.5;
- o circuito de terra deve ser constituído por um condutor ininterrupto em cabo de cobre nu ou cabo VV de 35 mm² que estabelece a ligação entre o terminal de terra da instalação e a serpentina;
- a vala terá um comprimento de 2x5 m, uma largura de 0,6 m e uma profundidade de 0,8 m.



Figura 5.3.5

5.3.6 Estrela

A instalação de eléctrodo de terra em estrela deve ser efectuada de acordo com o indicado nos desenhos nº 2005-GV-005-1 e 2005-GV-005-2, apresentados no anexo A deste documento.

A concepção e construção do circuito de ligação do eléctrodo de terra deve seguir o traçado indicado no desenho atrás referido e verificar os seguintes aspectos construtivos:

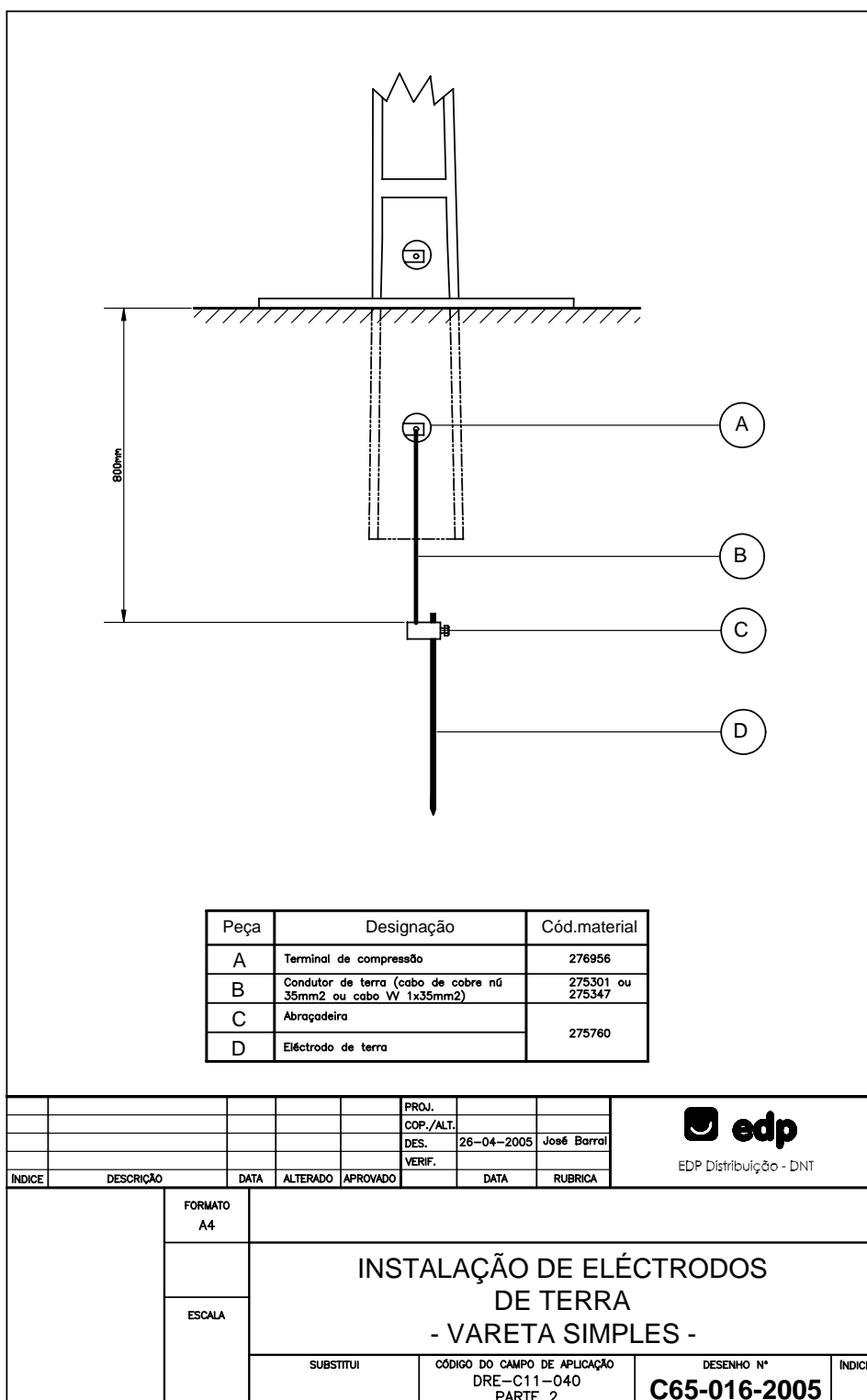
- utilizar-se-ão condutores de cobre nu de 35 mm² com 3x10 m de comprimento, formando um ângulo de 120° entre si;
- o circuito de terra deve ser constituído por um condutor ininterrupto em cabo de cobre nu ou cabo VV de 35 mm² que estabelece a ligação entre o terminal de terra da instalação e o ponto comum de ligação entre os condutores que constituem o eléctrodo;
- a vala terá um comprimento de 3x10 m, uma largura mínima possível e uma profundidade de 0,8 m.

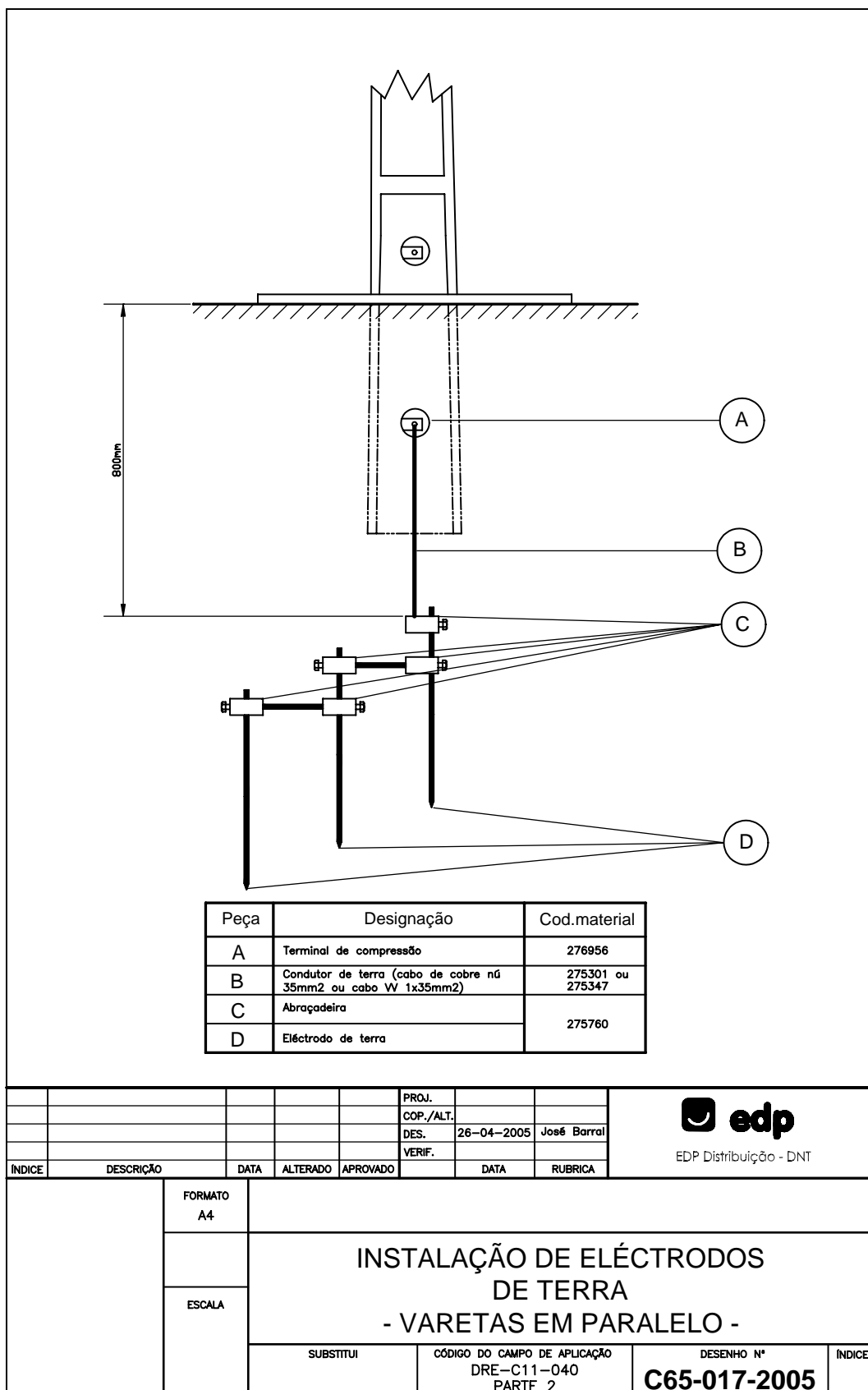


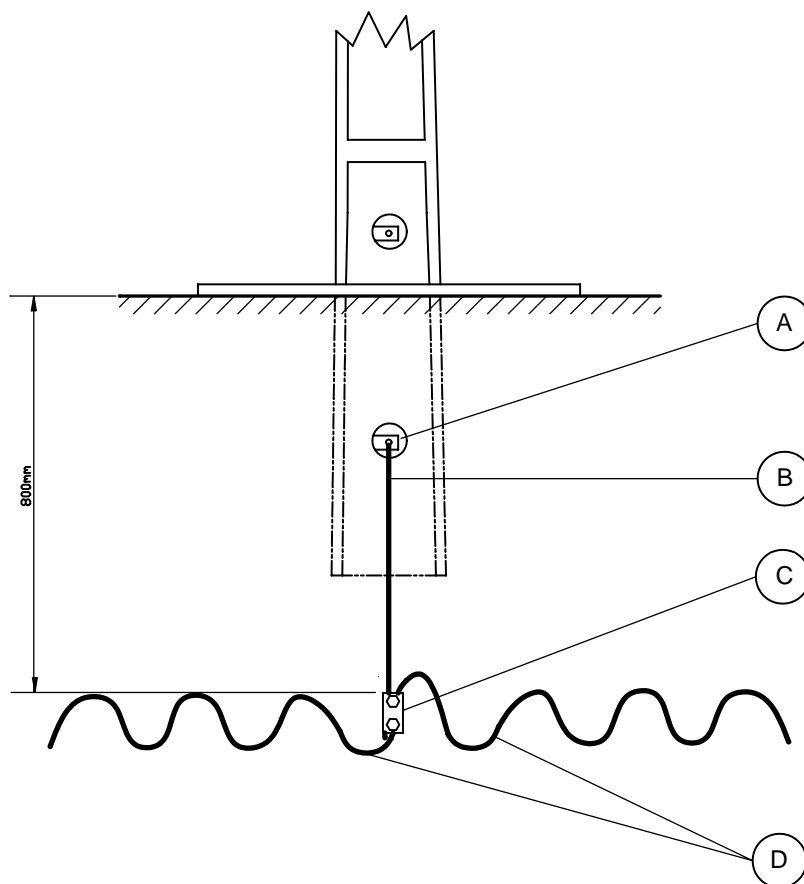
Figura 5.3.6

ANEXO A

DESENHOS DE INSTALAÇÃO DE ELÉCTRODOS DE TERRA

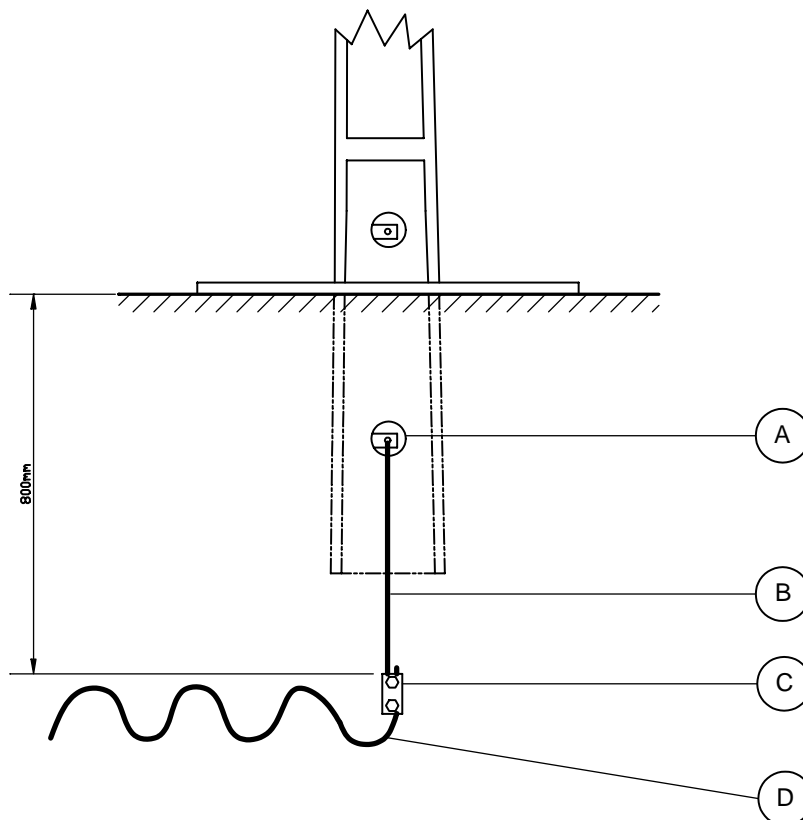






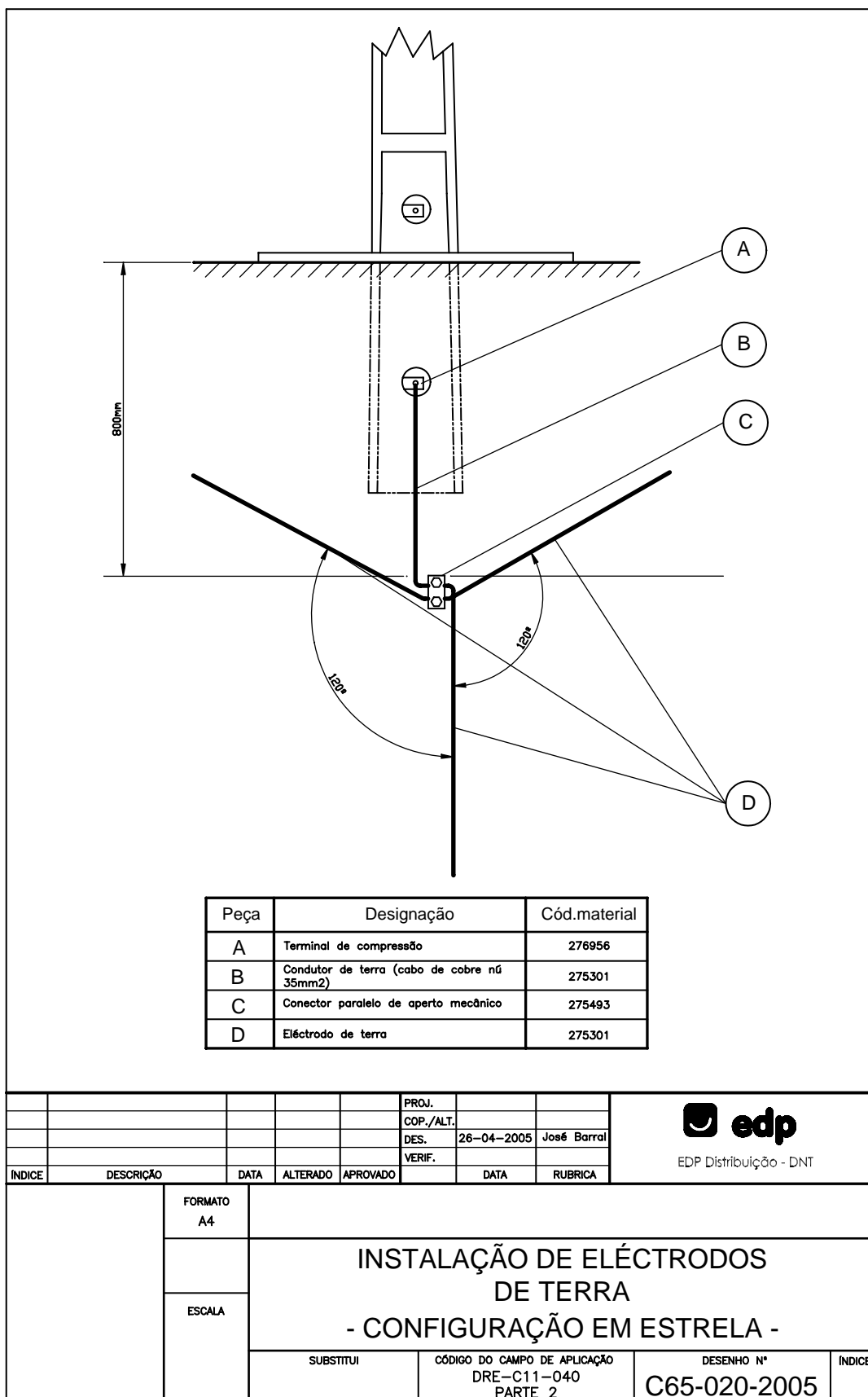
Peça	Designação	Cód.material
A	Terminal de compressão	276956
B	Condutor de terra (cabo de cobre nú 35mm ² ou cabo VV 1x35mm ²)	275301 ou 275347
C	Conector paralelo de aperto mecânico	275493
D	Eléctrodo de terra	275301

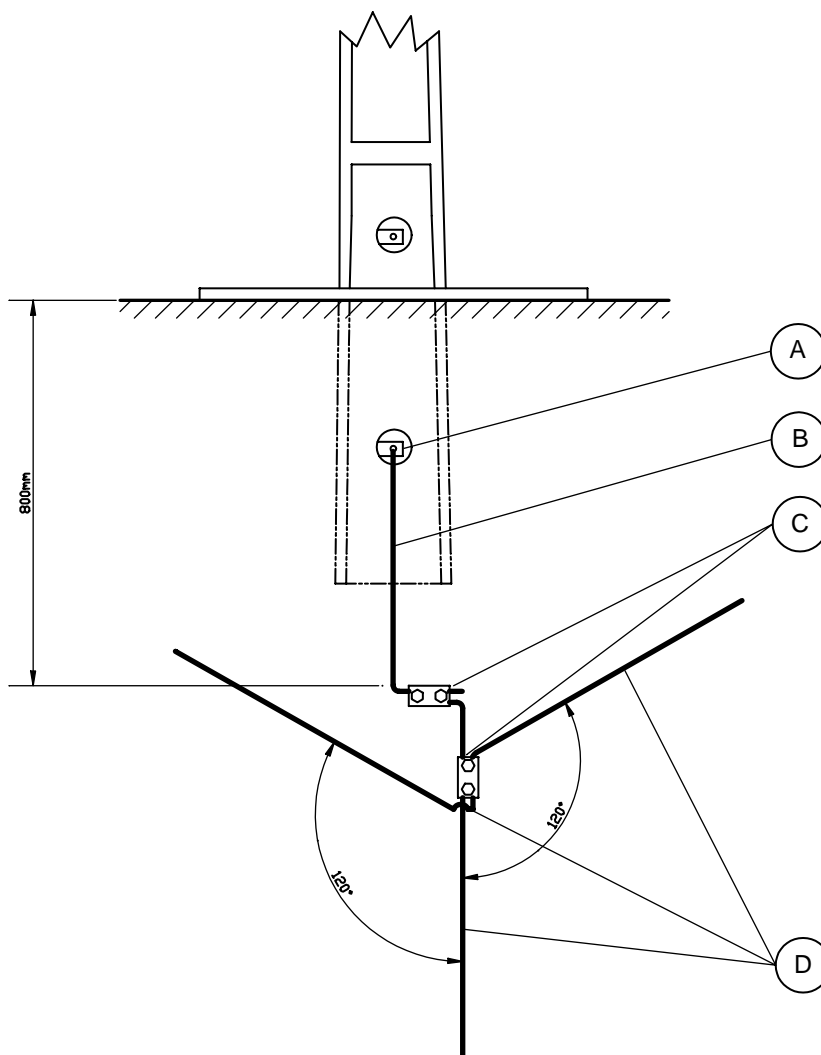
				PROJ.				 EDP Distribuição - DNT
				COP./ALT.				
				DES.		26-04-2005 José Barral		
				VERIF.				
ÍNDICE	DESCRIÇÃO	DATA	ALTERADO	APROVADO		DATA	RUBRICA	
		FORMATO A4						
		ESCALA	INSTALAÇÃO DE ELÉCTRODOS DE TERRA - SERPENTINA DUPLA -					
			SUBSTITUI	CÓDIGO DO CAMPO DE APLICAÇÃO DRE-C11-040 PARTE 2		DESENHO N° C65-018-2005		ÍNDICE



Peça	Designação	Cod.material
A	Terminal de compressão	276956
B	Condutor de terra (cabo de cobre nú 35mm ² ou cabo VV 1x35mm ²)	275301 ou 275347
C	Conector paralelo de aperto mecânico	275493
D	Eléctrodo de terra	275301

				PROJ.				 EDP Distribuição - DNT
				COP./ALT.				
				DES.		26-04-2005 José Barral		
				VERIF.				
ÍNDICE	DESCRIÇÃO	DATA	ALTERADO	APROVADO		DATA	RUBRICA	
		FORMATO A4						
		ESCALA	INSTALAÇÃO DE ELÉCTRODOS DE TERRA - SERPENTINA SIMPLES -					
			SUBSTITUI	CÓDIGO DO CAMPO DE APLICAÇÃO DRE-C11-040 PARTE 2		DESENHO N° C65-019-2005		ÍNDICE





Peça	Designação	Cód.material
A	Terminal de compressão	276956
B	Condutor de terra (cabo cabo W 1x35mm ²)	275347
C	Conector paralelo de aperto mecânico	275493
D	Eléctrodo de terra	275301

				PROJ.				 EDP Distribuição - DNT
				COP./ALT.				
				DES.		24-04-2005 José Barral		
				VERIF.				
ÍNDICE	DESCRIÇÃO	DATA	ALTERADO	APROVADO		DATA	RUBRICA	
		FORMATO A4						
		ESCALA	INSTALAÇÃO DE ELÉCTRODOS DE TERRA - CONFIGURAÇÃO EM ESTRELA -					
			SUBSTITUI	CÓDIGO DO CAMPO DE APLICAÇÃO DRE-C11-040 PARTE 2		DESENHO Nº C65-021-2005		ÍNDICE

ANEXO B

CARACTERÍSTICAS CONSTRUTIVAS E DIMENSIONAIS DE ELÉCTRODOS DE TERRA

Quadro B.1

Tipos mais correntes de eléctrodos de terra e respectivas dimensões mínimas
(cf. norma HD 637 S1)

Tipo de eléctrodo	Material constituinte	Diâmetro exterior (mm)	Secção (mm²)	Diâmetro dos fios constituintes (mm)
Cabo nu^(*)	Condutores de cobre (maciço)		25	
	Condutores de aço galvanizado (maciço)	10		
	Condutores de cobre (multifilares)		25	1,8
Vareta^(**)	Aço revestido a cobre (maciço)	14,2/15		
	Aço galvanizado (maciço)	16		
<p>^(*) Em diferentes tipos de configuração: serpentina, estrela ou anel.</p> <p>^(**) Comprimento mínimo de 2 m, em configuração simples ou em paralelo.</p>				

ANEXO C**VALORES MÉDIOS DE RESISTIVIDADES DE ALGUNS SOLOS E MATERIAIS**

(cf. tabela K1, anexo K da norma HD 637 S1)

Tipo de solo	Resistividade do solo, ρ_E (Ωm)
Pântano	5 a 40
Barro, húmus	20 a 200
Areia	200 a 2 500
Cascalho, arenito, grés	500 a 3 000
Granito compacto	10 000 a 50 000

ANEXO D

DESCRIÇÃO DE DIFERENTES CONFIGURAÇÕES DE ELÉCTRODOS DE TERRA

D.1 Eléctrodo de terra em serpentina

D.1.1 Serpentina simples

Serpentina simples	Comprimento do condutor (m)	Comprimento da vala (m)	Largura da vala (m)	Profundidade da vala (m)	Fórmula aproximada da resistência de terra (Ω)
Fig. 1	10	3	0,6	0,8	$R = 0,2 \rho$

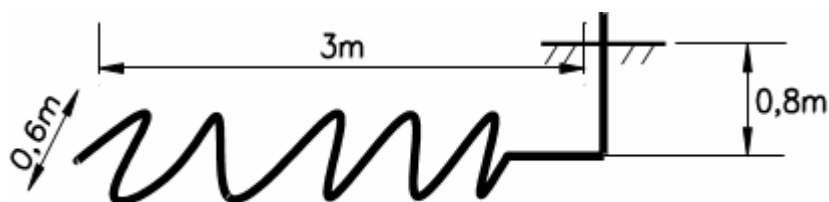


Figura 1

D.1.2 Serpentina dupla

Serpentina dupla	Comprimento do condutor (m)	Comprimento da vala (m)	Largura da vala (m)	Profundidade da vala (m)	Fórmula aproximada da resistência de terra (Ω)
Fig. 2	20	6	0,6	0,8	$R = 0,15 \rho$

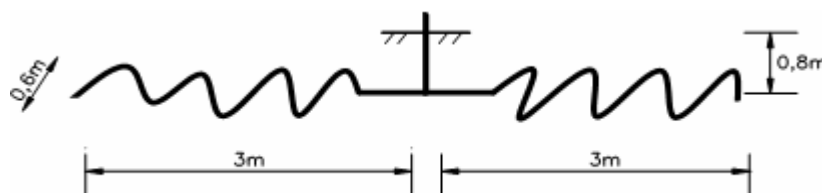


Figura 2

D.1.3 Serpentina dupla longa

Serpentina dupla longa	Comprimento do condutor (m)	Comprimento da vala (m)	Largura da vala (m)	Profundidade da vala (m)	Fórmula aproximada da resistência de terra (Ω)
Fig. 3	30	10	0,6	0,8	$R = 0,08 \rho$

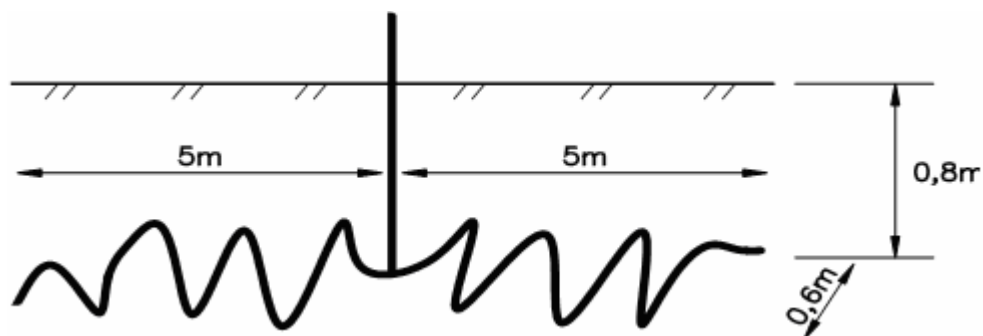


Figura 3

D.2 Eléctrodo de terra em estrela

Estrela (pata de ave)	Comprimento do condutor (m)	Comprimento da vala (m)	Largura da vala (m)	Profundidade da vala (m)	Fórmula aproximada da resistência de terra
Fig. 1	30	3x10	(o mínimo possível)	0,8	$R = 0,06 \rho$

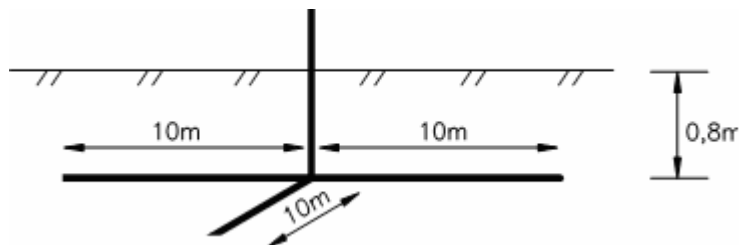


Figura 1

D.3 Eléctrodo de terra com varetas em paralelo

D.3.1 Três eléctrodos

Raio das varetas (m)	Nº de varetas	Comprimento das varetas (m)	Distância entre varetas (m)	Profundidade de enterramento (m)	Fórmula aproximada da resistência de terra (Ω)
0,015	3	2	2,5	0,8	$R = 1/3(\rho/4\pi(\ln 8/r-1) + \rho/2\pi r(1/2+1/3))$

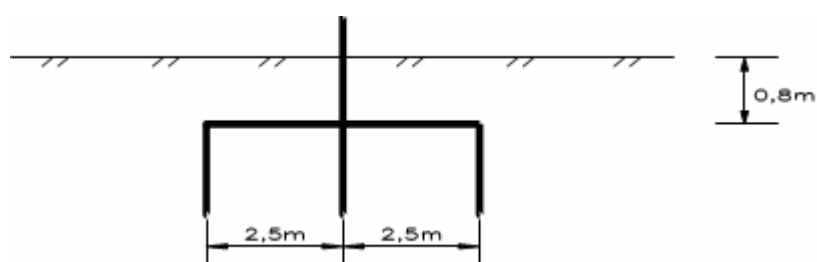


Figura 1

D.3.2 Cinco eléctrodos

Raio das varetas (m)	Nº de varetas	Comprimento das varetas (m)	Distância entre varetas (m)	Profundidade de enterramento (m)	Fórmula aproximada da resistência de terra (Ω)
0,015	5	2	2,5	0,8	$R = 1/5(\rho/4\pi(\ln 8/r-1) + \rho/2\pi r(1/2+1/3+1/4+1/5))$

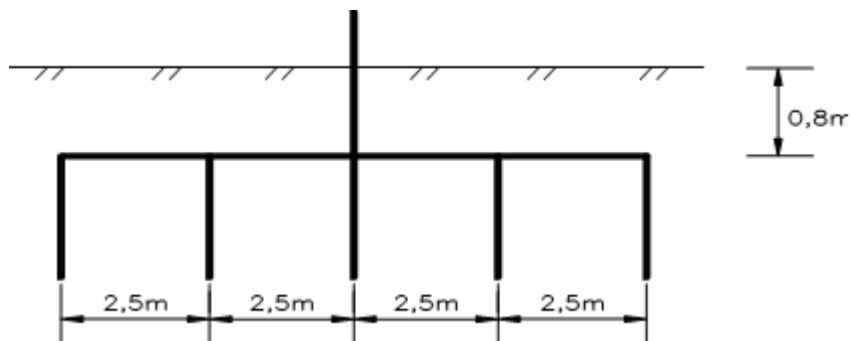


Figura 2

ANEXO E

TIPOS DE ELÉCTRODOS

Quadro E.1 Eléctrodo vertical

(cf. figura K2, anexo K da norma HD 637 S1e norma HN 64-S-55)

Configuração do eléctrodo de terra	Resistividade do terreno ($\Omega \cdot m$)	Resistência de terra em baixa frequência (Ω)
Vareta simples (2 m)	50	25
	100	50
	200	100
	300	150
	500	----
	1 000	----
	>1 000	----
Vareta extensível (6 m)	50	10
	100	20
	200	40
	300	60
	500	100
	1 000	----
	>1 000	----
Varetas em paralelo (3 varetas de 2m, espaçadas de 2,5m) ^(*)	50	9
	100	19
	200	37
	300	56
	500	93
	1 000	186
	>1 000	---
Varetas em paralelo (5 varetas de 2m, espaçadas de 2,5m) ^(**)	50	6
	100	12
	200	25
	300	37
	500	62
	1 000	123
	>1 000	---
<p>(*) Vala com 10 m de comprimento, com a largura mínima possível e 0,8 m de profundidade.</p> <p>(**) A interligação dos eléctrodos será assegurada por cabo VV 1x35 mm².</p>		

Quadro E.2
Eléctrodo horizontal

(cf. figura K1, anexo K da norma HD 637 S1 S1e norma HN 64-S-55)

Configuração do eléctrodo de terra	Resistividade do terreno ($\Omega \cdot m$)	Resistência de terra em baixa frequência (Ω)
Serpentina simples (10 m)	50	10
	100	20
	200	40
	300	60
	500	100
	1 000	----
	>1 000	----
Serpentina dupla (20 m)	50	7,5
	100	15
	200	30
	300	45
	500	75
	1 000	150
	>1 000	----
Serpentina dupla longa (30 m)	50	4
	100	8
	200	16
	300	24
	500	40
	1000	80
	>1 000	----
Estrela (3x10 m)	50	3
	100	6
	200	12
	300	18
	500	30
	750	45
	1 000	60
	>1 000	----