

INSTRUÇÃO TÉCNICA

GR.IT.GER.002 RETORNO DA CORRENTE DE TRAÇÃO, TERRAS E PROTEÇÕES PARTE 5: TÚNEIS

CICLO DE PRODUÇÃO DO DOCUMENTO

ELABORAÇÃO

IPE – EEP – SNL

2015-11-18

SUPERVISÃO

IPE – EDEP - DN

APROVAÇÃO

IPE – EDEP

2016-01-24



ÍNDICE

Pág.

1. INTRODUÇÃO.....	5
2. OBJETIVO	6
3. ÂMBITO	6
4. DOCUMENTOS	6
5. ABREVIATURAS E DEFINIÇÕES	7
6. COMPONENTES.....	7
6.1. Cabo de terra enterrado (CDTE)	7
6.2. Cabo de terra aéreo (CDTA) em linhas com 2 ou 3 carris	8
6.3. Ligação à terra de postes / construções de suporte da catenária	8
6.4. Requisitos para ligação dos carris à terra	9
7. TIPOS DE LIGAÇÕES À TERRA UTILIZADAS NOS TÚNEIS	9
7.1. Distâncias máximas entre ligações do sistema de terras em túneis - linhas a 2 carris ..	10
7.2. Distâncias máximas entre ligações do sistema de terras em túneis - linhas a 3 carris ..	11
7.3. Aplicação das ligações transversais (LTI e LEAE) em linhas a 2 carris	12
7.4. Aplicação de ligações transversais (LTI e LEAE) em linhas a 3 carris	15
7.5. Conflitos associados à localização das LTI	16
7.6. Ligação de objetos à terra.....	17
7.7. Compartimentos técnicos em túneis.....	17
7.8. Eléktrodo de terra.....	19
8. LIGAÇÃO À TERRA DAS ARMADURAS DE BETÃO ARMADO	19
8.1. Aço em armaduras do revestimento de túneis de blocos pré-fabricados de betão armado	20
8.2. Aço em armaduras de betão armado de paredes betonadas in-situ	21
8.3. Requisitos para as armaduras de descarrilador betonado “in-situ”	22
8.4. Tubos embebido no betão no descarrilador de vias não balastradas.....	24

ÍNDICE DE FÍGURAS

Pág.

Figura 1 - Esquema de princípio; LEAE com CDTE visível e inspecionável e ligação direta no CDTA	10
Figura 2 - Túnel em Zona Verde sem necessidade de LEAE adicionais para além das referidas nos pontos 2, 3 e 4 (distância d aplicável em situação "especial")	13
Figura 3 - Túnel em Zona Vermelha, LEAE adicionais necessárias para além das referidas nos pontos 2, 3 e 4 (D: distância aplicável em situação "normal"; d: distância aplicável em situação "especial")	13
Figura 4 - Esquema de ligações LEAE em função da corrente de curto-circuito	14
Figura 5 - Localização das LTI's e das LEAE's em sistemas AT a 3 carris em função da corrente de curto-circuito; ambos os carris disponíveis para retorno.	16
Figura 6 - Ligação do compartimento técnico ao sistema de terras no interior de um túnel	18
Figura 7 - Secção transversal do túnel: não existem ligações à terra das paredes de betão	21
Figura 8 - Ligação à terra das armaduras de betão armado em revestimento de túneis betonado in-situ	22
Figura 9 - Armaduras VTR's longitudinais (2 por cada via) e transversais a cada 50m e placas de terra respetivas associadas.....	23
Figura 10 - Localização de tubos no descarrilador de vias não balastradas	25

ÍNDICE DE TABELAS

Pág.

Tabela 1 – Distancias a praticar em linhas a 2 carris, situação especial - túneis	11
Tabela 2 – Distancias a praticar em linhas a 3 carris, situação especial - túneis	11

Registo e Controlo das Alterações

VERSÃO	DATA	DESCRIÇÃO DA MODIFICAÇÃO	PÁGINAS
V.01	2001-03-21	Versão inicial	Todas
V.02	2001-11-01	Versão adaptada aos comentários da REFER	Todas
V.03	2001-11-21	Idêntica à versão 002	Todas
V.04	2002-03-29	Tradução para a língua portuguesa, com incorporação de correções	Todas
V.05	2003-01-31	Revisão	Todas
V.06	2016-01-24	Revisão da Instrução Técnica para uma infraestrutura a 3 carris	Todas

Documentos Revogados

IT.GER.002 | v.06 – Parte 05

Macroprocesso de Enquadramento

IP Engenharia – Gestão de Estudos e Projetos.

Referência SAP/DMS

224 10002011152

Distribuição

Grupo IP e Externo.

1. INTRODUÇÃO

O Normativo RCT+TP é a especificação de retorno da corrente de tração, terras e proteções.

O seu principal objetivo é criar um ambiente seguro para seres humanos e sistemas na vizinhança da via-férrea. Esta especificação está dividida em 15 Partes:

- Parte 1 Generalidades;
- Parte 2 Funcionamento do sistema de 25 kV;
- Parte 3 Introdução ao Sistema RCT + TP;
- Parte 4 Plena Via;
- **Parte 5 Túneis;**
- Parte 6 Pontes;
- Parte 7 Estruturas;
- Parte 8 Edifícios e Subestações;
- Parte 9 Áreas de Estação e Parques;
- Parte 10 Ligações Exteriores;
- Parte 11 Sinalização;
- Parte 12 Terceiros;
- Parte 13 Especificações dos Componentes;
- Parte 14 Manutenção e Ensaios;
- Parte 15 Regras de Projeto do Sistema RCT + TP.

A Parte 5 especifica o sistema de ligação à terra em “Túneis”. Para a ligação à terra em geral, faz-se referência às Partes 1 e 3.

2. OBJETIVO

A presente Parte 5 destina-se na generalidade à implementação do sistema RCT+TP em túneis, onde a via pode ser balastrada ou embebida, diretamente fixada numa estrutura de betão.

3. ÂMBITO

As especificações que constam da presente Parte vêm acrescentar à anterior versão, quando aplicável ou necessário, as orientações necessárias a ter em consideração para a implementação do sistema numa linha a 3 carris, cujos pressupostos base foram enunciados na Parte 1 - Generalidades.

Adicionalmente introduz-se uma revisão aos conteúdos da anterior versão em aspetos de natureza prática de implementação do sistema, sem no entanto alterar os seus pressupostos conceptuais de base iniciais, os quais se mantêm nesse contexto inalterados na presente versão.

Os requisitos específicos a respeitar, aplicáveis a uma linha a 3 carris, são, sempre que aplicável, destacados ou referenciados no texto da Norma e remetidos, caso se justifique, para um item adicional.

As seções e o número de cabos a utilizar no sistema de terras constam da Parte 15 – Regras de Projeto do Sistema RCT+TP.

4. DOCUMENTOS

Os documentos de referência base utilizados para o desenvolvimento constam da Parte 1 da GR.IT.GER.002 v06 e integram a seguinte informação:

- Normas internacionais aplicáveis;
- Documentos de base;
- Pressupostos base;
- Pressupostos aplicáveis a uma linha a 3 carris.

5. ABREVIATURAS E DEFINIÇÕES

As Abreviaturas e definições utilizadas constam do ponto 4 da Parte 1 desta GR.IT.GER.002 v06.

6. COMPONENTES

6.1. Cabo de terra enterrado (CDTE)

Linha a 2 carris

Tem de ser colocado pelo menos um CDTE paralelamente à via de acordo com o ponto 6.3 da Parte 3 - Introdução ao Sistema RCT+TP. Isto significa que, por princípio, um CDTE tem de estar presente não só em cada vala ou canalização onde existam cabos com condutores metálicos, mas também de ambos os lados da via ou das vias ao longo do túnel, de forma a assegurar, sempre que aplicável, a necessária interligação das estruturas metálicas dentro da zona de contacto, das quais fazem parte integrante as armaduras de aço do betão armado. Se não existirem cabos com condutores metálicos, armaduras ou outros objetos e estruturas a ligar de ambos os lados da plataforma do túnel, poderá ser usado pelo menos um CDTE.

Em túneis, o CDTE será materializado num cabo com uma seção mínima equivalente ou igual à de um cabo LXV de 70 mm² de secção, se este cabo se encontrar no interior de uma canalização de cabos acessível e inspecionável a partir da mesma.

Regra geral, em cada extremidade do túnel, serão instaladas barras de terra.

Quando for economicamente vantajoso, a continuidade do CDTE em tuneis, poderá ser assegurada pela própria vareta ou cabo de aço cobreado utilizada para a função de CDTE.

Linha a 3 carris

A necessidade do CDTE aplica-se de igual forma nas linhas a 3 carris, seguindo os mesmos princípios enunciados no parágrafo anterior para linhas a 2 carris.

Tal como em linhas de via única a 2 carris, em linhas de via única a 3 carris, o CDTE titular acompanhará sempre o traçado dos postes de catenária, sem prejuízo da necessidade de instalar outros troços de CDTE adicionais do lado oposto da via, para acompanhar caminhos de cabos implementados. A título de resumo essa situação poderá justificar-se nas seguintes situações:

- Existência de um segundo caminho de cabos do lado oposto ao CDTE titular;

- Existência de um número de objetos do lado oposto ao do CDTE titular que justifique a sua instalação dos dois lados da via, por forma a minimizar o número de atravessamentos necessários na sua ausência;
- Avaliação por parte do projetista sobre qual a solução entendida mais conveniente, depois de devidamente analisados os interfaces presentes com necessidades de terra, por parte dos vários subsistemas instalados ou a instalar;
- Existência de instalações de catenária dos dois lados da via, que justifique a existência de um segundo CDTE (exemplo: caso dos anéis de terra em Zonas neutras e/ou postos de catenária ou postos AT);
- Do ponto de vista eletromagnético a solução com 2 CDTE's de ambos os lados da via, considera-se preferencial, dado que toda a envolvente "Plano de massa" adquire continuidade total a 360° assumindo um comportamento de blindagem que minimiza ou anula o campo magnético exterior ao túnel, evitando influências sobre terceiros.

6.2. Cabo de terra aéreo (CDTA) em linhas com 2 ou 3 carris

O CDTA tem de estar de acordo com os requisitos referidos no ponto 6.4 da Parte 3 - Introdução ao Sistema RCT+TP.

6.3. Ligação à terra de postes / construções de suporte da catenária

Os postes têm de ser ligados à terra conforme indicado no ponto 7.1 da Parte 3 - Introdução ao Sistema RCT+TP.

Se não existirem postes mas apenas postaletes ou outros tipo de estruturas metálicas adequadas para suporte da catenária, que não possam ser diretamente ligadas ao CDTA, estas têm de ser individualmente ligadas à terra por um cabo LXV de 50 mm² de secção, através de acoplamentos aparafusados na estrutura de suporte da catenária e terminais de compressão desmontáveis ligados ao CDTE.

Isolamento entre os parafusos/pernos de ancoragem e as armaduras de aço

1. Os parafusos/pernos de ancoragem têm de ser isolados das armaduras de aço;
2. O recobrimento das armaduras tem de ser 50 mm no mínimo;

3. A resistência do isolamento entre as ancoragens e as armaduras de aço deve ser no mínimo de 10 Ω , medida através de método de medição de resistência de terra.

6.4. Requisitos para ligação dos carris à terra

Linha a 2 carris

Depois da escolha do sistema de sinalização (sistema direto, assimétrico ou simétrico), a ligação dos carris à terra tem de ser efetuada de acordo com os requisitos referidos no ponto 7.2 da Parte 3 - Introdução ao Sistema RCT+TP.

Linha a 3 carris

Em linhas a 3 carris, a ligação à terra dos mesmos tem de ser efetuada de acordo com os requisitos referidos no ponto 7.2 da Parte 3 - Introdução ao Sistema RCT+TP.

7. TIPOS DE LIGAÇÕES À TERRA UTILIZADAS NOS TÚNEIS

Em túneis são utilizados dois tipos de ligações transversais:

- LEAE;
- LTI.

A ligação transversal LEAE tem de ser montada de acordo com os requisitos referidos no ponto 8.1 da Parte 3 - Introdução ao Sistema RCT+TP.

A ligação transversal LTI tem de ser montada de acordo com os requisitos referidos no ponto 8.2 da Parte 3 - Introdução ao Sistema RCT+TP.

As LTI's e LEAE's de uma linha a 3 carris têm de ser montadas de acordo com os requisitos referidos igualmente nos pontos 8.1 e 8.2 da Parte 3 - Introdução ao Sistema RCT+TP.

Nas interfaces entre um túnel e outro subsistema (plena via, pontes), é necessário instalar LEAE's em conformidade com o descrito no capítulo 7.6 da Parte 4 – Plena Via.

Se a catenária não possuir postes no local de uma LEAE/LTI, será montado um cabo LXV de 50 mm² de secção entre o CDTA e o CDTE (ver Figura 1). A ligação ao CDTA tem de ser desmontável.

Tabela 1 – Distancias a praticar em linhas a 2 carris, situação especial - túneis

Situação	Sinalização	Tipo	Zona	Distância [m]		
				15 MVA	17,5 MVA	20 MVA
Especial	Bicarril	LTI-LTI	Verde/Vermelha	900	840	750
		LTI-LEAE	Vermelha	450	420	375
	Monocarril	LTI-LTI	Verde/Vermelha	450	420	375
		LTI-LEAE	Vermelha	225	210	190

7.2. Distâncias máximas entre ligações do sistema de terras em túneis - linhas a 3 carris

Em linhas a 3 carris em túneis, são utilizadas as distâncias entre ligações transversais do sistema de terras de acordo com o exposto na Tabela 2.

As distâncias a cumprir estão diretamente relacionadas com a potência instalada na subestação de Tração, sendo que os valores apresentados estão associados a duas soluções técnicas AT (2x25kV). Uma bifásica de 32 MVA com ligação em T e outra com ligação em V de 22 MVA por setor. Os valores de potência nominal referidos estão de acordo com a Norma EN 50329 tal como referido na Parte 1 - Generalidades em pressupostos para uma linha a 3 carris.

Assume-se para este efeito que a solução de sinalização permite ligações diretas aos 3 carris nas LTI's em plena via, sendo que os valores apresentados na Tabela 2 estão em conformidade com esse objetivo, sendo essa solução aqui designada por solução tricarril.

Tabela 2 – Distancias a praticar em linhas a 3 carris, situação especial - túneis

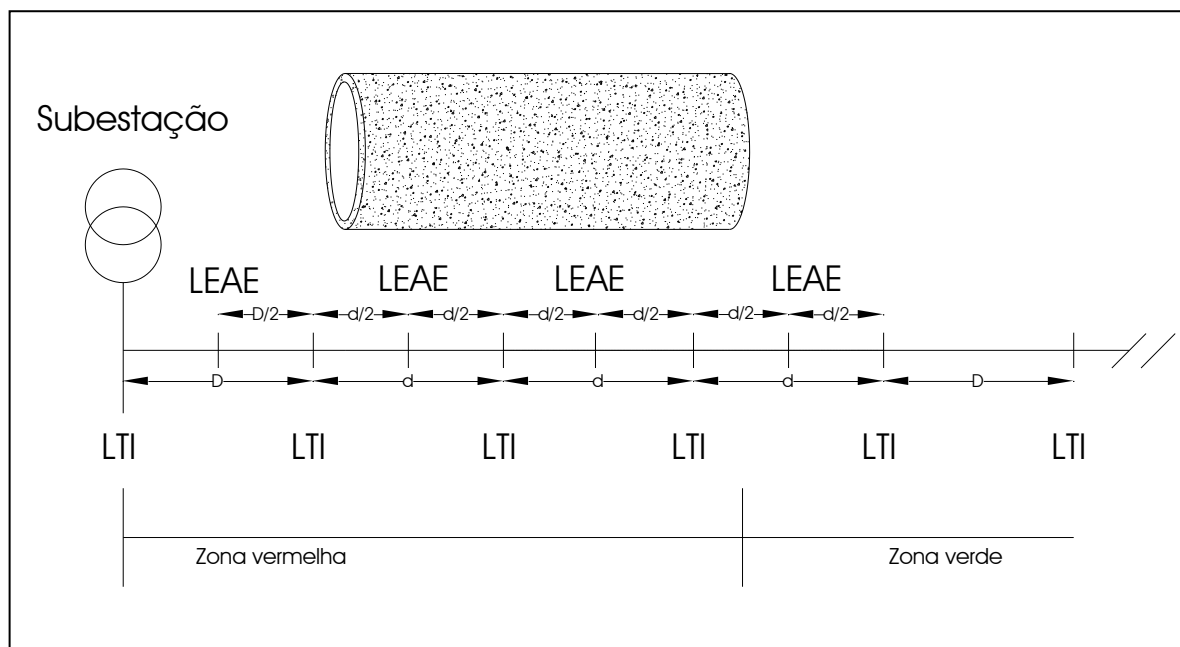
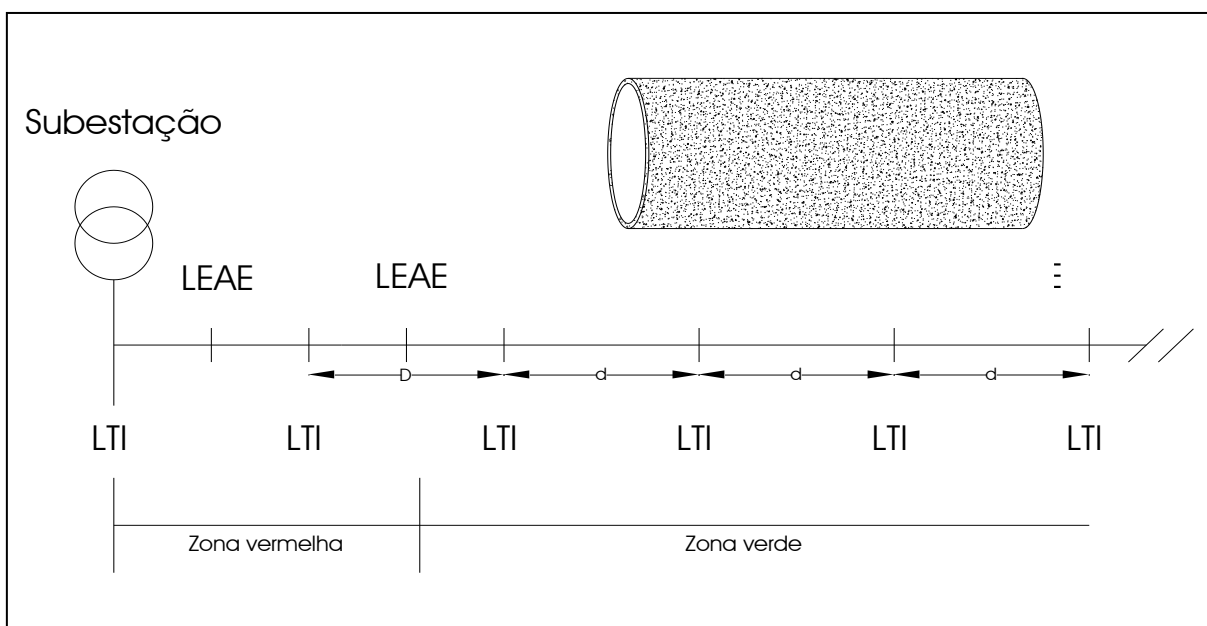
Situação	Sinalização	Tipo	Zona	Distância [m]	
				32 MVA	22 MVA
Especial	Tricarril	LTI-LTI	Vermelha	500	625
		LTI-LEAE	Vermelha	250	315
		LTI-LTI	Laranja	750	750
		LTI-LEAE	Laranja	375	375
		LTI-LTI	Verde	750	750

7.3. Aplicação das ligações transversais (LTI e LEAE) em linhas a 2 carris

LTI e LEAE em túneis

Sistema RT/AT

1. Tomando a Subestação como ponto de partida, as LTI's e LEAE's devem ser instaladas com uma distância entre si, em conformidade com a Tabela 1;
2. Se existir um compartimento para instalações técnicas no interior do túnel, instala-se uma LTI. Se esta situação entrar em conflito com a sinalização, existe uma tolerância para a localização da LTI de 100 m. Tem de ser instalada uma LEAE no local do compartimento técnico do túnel.
3. Nas interfaces entre a plena via e as lajes de betão em ambas as entradas do túnel, é necessária uma LEAE de acordo com o ponto 7.6 da Parte 4 – Plena Via;
4. No túnel tem de ser instalada uma LTI nos seccionadores de ligação à terra da catenária. Se esta situação entrar em conflito com a sinalização, existe uma tolerância para a localização da LTI de 100 m. Tem de ser instalada uma LEAE no local do seccionador de terra.
5. As LEAE's têm de ser instaladas sempre que a corrente máxima de curto-circuito no sistema seja superior a 4,5kA (Zona Vermelha);
6. Se o túnel está localizado em Zona Verde não são necessárias LEAE's adicionais, para além das referidas nos pontos 2, 3 e 4 (ver Figura 2);
7. Se o túnel está localizado em Zona Vermelha, total ou parcialmente, são necessárias LEAE's adicionais, com uma distância entre si em conformidade com a Tabela 1 do ponto 7.1 (ver Figura 3);
8. Na introdução de LEAE's em Zona Vermelha, o projetista deve ter em conta outras LEAE's de projeto, decorrentes de pontos singulares que imponham a sua implementação, por forma evitar redundâncias desnecessárias no mesmo local.



9. No caso de uma subestação AT a distribuição das Zonas Vermelhas e Verdes obedece ao comportamento ilustrado na Figura 4, podendo desta forma o túnel situar-se numa zona vermelha associada a postos AT, para as quais se aplicam as regras constantes da Tabela 1;

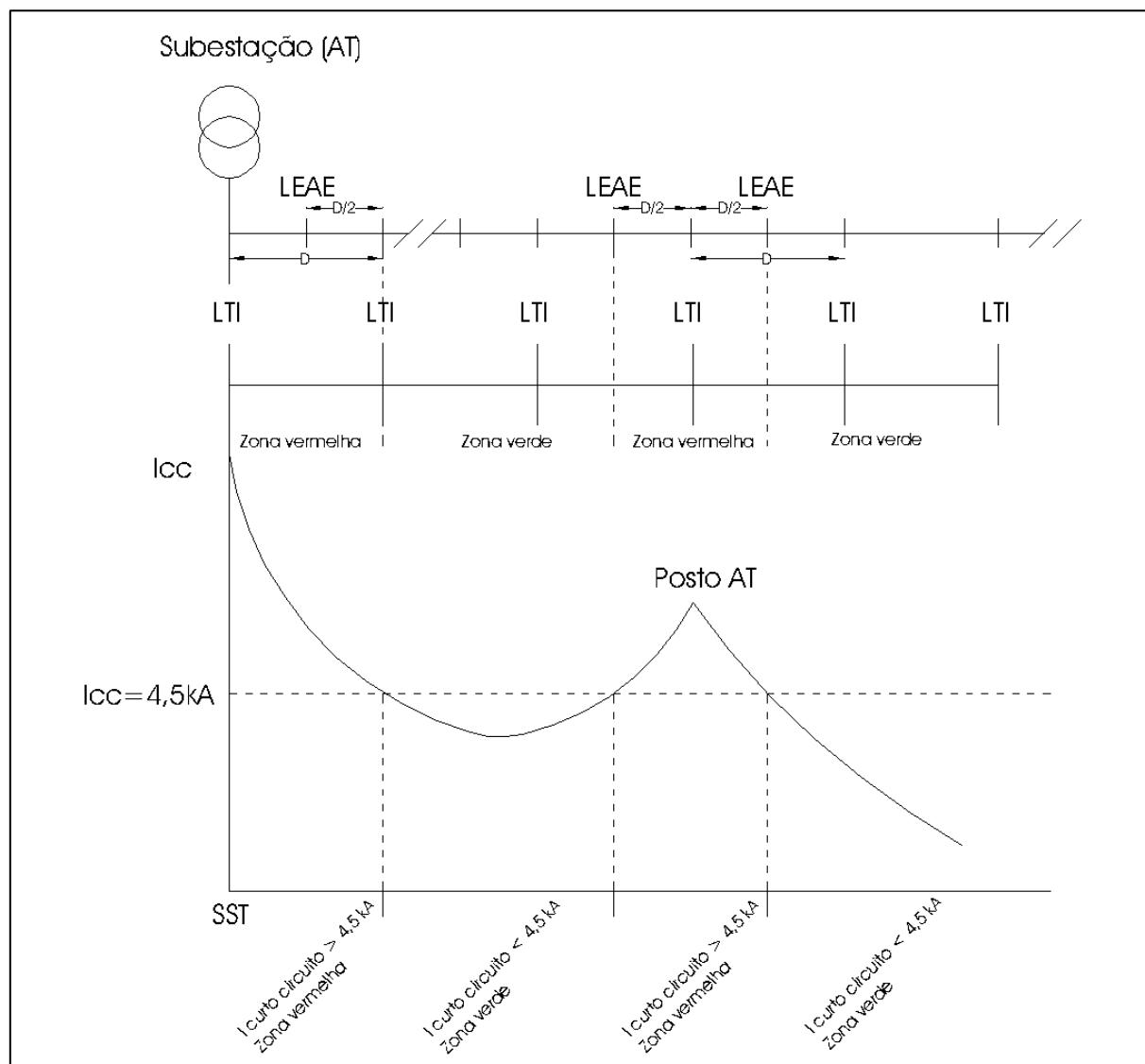


Figura 4 - Esquema de ligações LEAE em função da corrente de curto-circuito

7.4. Aplicação de ligações transversais (LTI e LEAE) em linhas a 3 carris

LTI e LEAE em túneis

Sistema AT

1. Tomando a Subestação como ponto de partida, as LTI's e LEAE's devem ser instaladas com uma distância entre si em conformidade com a Tabela 2;
2. As LTI's e LEAE's previstas nos pontos 2., 3. e 4 em linhas a 2 carris aplicam-se igualmente em linhas a 3 carris;
3. Na solução a 3 carris, as LTI's na Zona Vermelha são instaladas com uma distância inferior à praticada nas restantes zonas, por forma a controlar os níveis de tensão de contacto em regime de curto-circuito ao carril;
4. Na solução a 3 carris, as LEAE's têm ser instaladas sempre que a corrente máxima de curto-circuito no sistema seja superior a 5,0 kA em Zona Vermelha ou a 3,7 kA em Zona Laranja. Ver exemplos na Figura 5;
5. O túnel poderá situar-se numa outra Zona Vermelha ou Laranja, associada a Postos AT, para as quais se aplicam as regras constantes da Tabela 2.

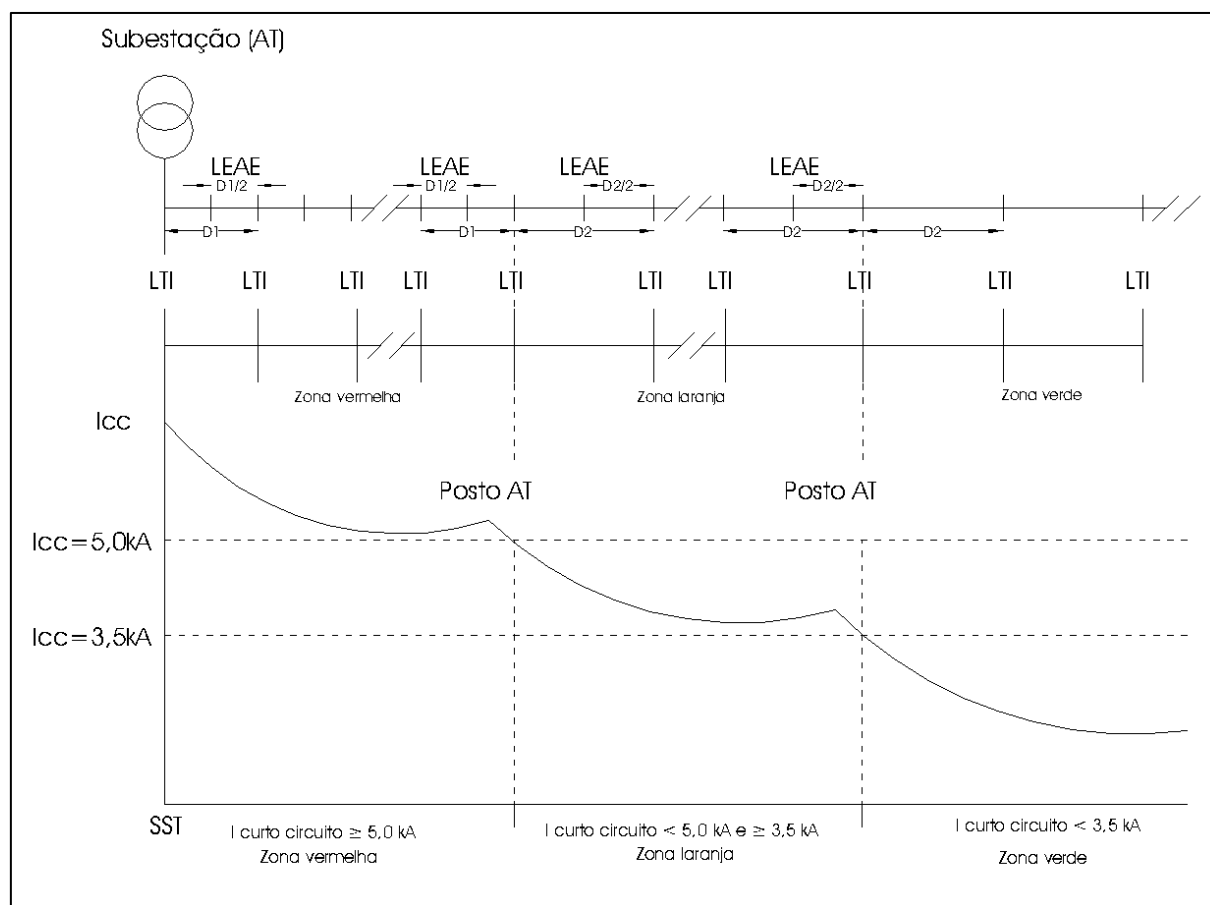


Figura 5 - Localização das LTI's e das LEAE's em sistemas AT a 3 carris em função da corrente de curto-circuito; ambos os carris disponíveis para retorno.

7.5. Conflitos associados à localização das LTI

Linhas a 2 carris

Utilizando-se as distâncias máximas entre LTI's podem surgir situações de conflito quando os sistemas de terra das diferentes partes forem ligados entre si. A Parte 15 - Regras de Projeto do Sistema de RCT+TP descreve quais as medidas a tomar para resolver potenciais problemas;

Para sistemas de sinalização que utilizem circuitos de via, a posição exata das LTI's depende da localização das ligações indutivas, conforme proposto pela sinalização. A Parte 11 – Sinalização, especifica os diferentes sistemas de sinalização do ponto de vista da sua ligação ao sistema de terras. Na fase de projeto as disciplinas da sinalização e terras têm de ser criteriosamente coordenadas para que sejam respeitados os requisitos específicos de cada um dos sistemas.

Caso sejam utilizados circuitos de via de impulsos de tensão elevada – ITE, podem, em algumas ligações, ser necessárias impedâncias adicionais entre os pontos médios dos enrolamentos das caixas de impedância e o sistema de terras. Estas impedâncias, têm de ser colocadas por forma a que esteja presente pelo menos uma por cada caminho paralelo, atenuando deste modo o sinal do CDV em situação de carril partido. Estas impedâncias adicionais e a sua instalação encontra-se exemplificada na Parte 15 - Regras de Projeto do Sistema de RCT+TP. As regras para a sua localização estão descritas na Parte 11 - Sinalização.

Linhas a 3 carris

Utilizando-se as distâncias máximas entre LTI's, podem surgir situações de conflito quando os sistemas de terra das diferentes partes forem ligados entre si. A Parte 15 - Regras de Projeto do Sistema de RCT+TP, descreve quais as medidas a tomar para resolver potenciais problemas;

Em linhas a 3 carris, podem igualmente surgir conflitos associados aos interfaces específicos das LTI's com os sistemas de sinalização. Essa situação ocorre, caso as ligações ao carril imponham regras particulares distintas daquelas que se praticam na ligação direta aos carris (caso das linhas equipadas com contadores de eixos). Na fase de projeto, as disciplinas da sinalização e terras têm de ser criteriosamente coordenadas para que sejam respeitados os requisitos específicos de cada um dos sistemas.

7.6. Ligação de objetos à terra

Os objetos existentes ao longo da plena via têm de ser ligados à terra de acordo com os requisitos indicados no ponto 8.3 da Parte 3 – Introdução ao Sistema de RCT+TP.

7.7. Compartimentos técnicos em túneis

A ligação à terra dos sistemas dos compartimentos técnicos (será descrita na Parte 8 – Edifícios e Subestações.

Descreve-se seguidamente a ligação de um compartimento técnico no exterior de um túnel, ligado ao sistema de terras no interior do mesmo:

1. A barra de cobre em anel no compartimento técnico tem de ser ligada ao CDTE por dois cabos LXV de 50 mm² de secção;
2. A barra de cobre em anel no compartimento técnico tem de ser ligada à rede de terras própria do compartimento técnico com dois cabos LXV de 50 mm² de secção. Se no local

existirem estacas metálicas acessíveis que possam ser assumidas como terra de valor óhmico baixo $< 1,5\Omega$, a barra de cobre em anel poderá ser ligada a estas com dois cabos LXV de 50 mm² de secção, em vez de ligada à rede de terras própria do compartimento técnico.

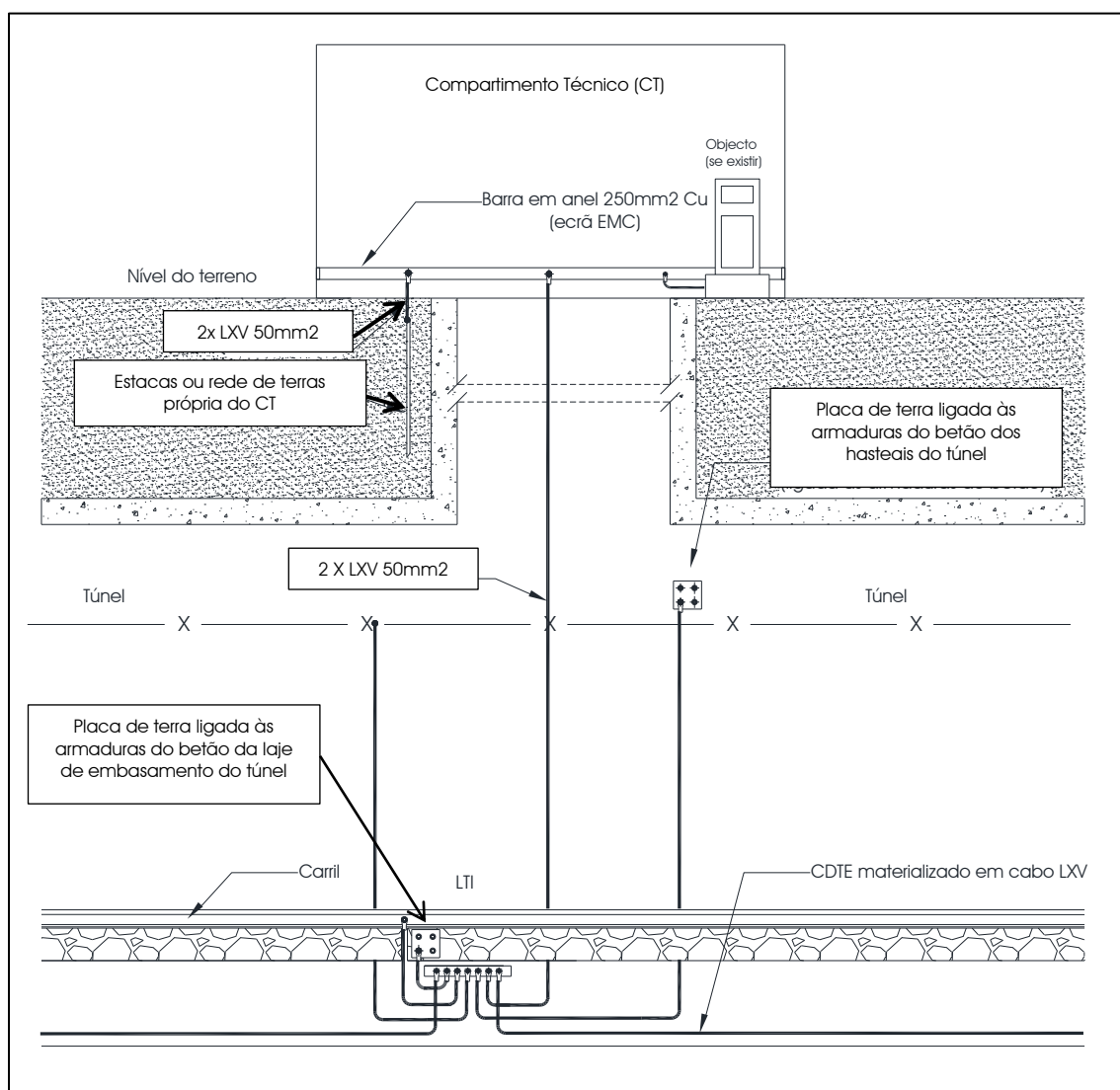


Figura 6 - Ligação do compartimento técnico ao sistema de terras no interior de um túnel

7.8. Eléktrodos de terra

1. Na interface entre o sistema de terras do túnel e o sistema de terras adjacente (por exemplo «plena via») terá de ser instalado, no local da LEAE, um eléctrodo de terra ligado ao CDTE;
2. Nos compartimentos técnicos de um túnel, terá de instalar-se uma rede de terras ou um eléctrodo de terra de valor não superior a 2,5Ohm. Este eléctrodo será ligado ao ecrã CEM do compartimento técnico;
3. Os eléctrodos de terra na entrada do túnel podem ser substituídos por um CDTE adicional em cada extremidade do túnel. Este CDTE tem de ter um comprimento mínimo de 200 metros e ser colocado do lado da via oposto ao caminho de cabos. Por exemplo: se o caminho de cabos com CDTE está localizado no lado esquerdo da via, o CDTE adicional tem de ser instalado no lado direito da via.

8. LIGAÇÃO À TERRA DAS ARMADURAS DE BETÃO ARMADO

As armaduras de aço das estruturas de betão armado terão de ser ligadas à terra de acordo com as regras do presente capítulo. Estas regras aplicam-se a obras de arte novas ou remodeladas, situação em que a observância destes critérios de segurança tem de ser considerada.

Caso seja implementado o sistema RCT+TP numa linha eletrificada existente, a proteção por via da ligação das armaduras do betão armado poderá ser estudada caso a caso, passando pela remoção de partes da cobertura de betão que deixem a descoberto as armaduras existentes e pela sua interligação com placas de terra ao sistema RCT+TP que se implementa sobre a Ponte existente.

Os requisitos mencionados nos capítulos 8.1 e no 8.2 não dependem do CDTE. A ligação à terra do betão armado nos túneis, nas pontes ou noutras estruturas de construção civil, faz-se pelas seguintes razões:

1. Os seres humanos encontram-se normalmente em contacto com as superfícies de betão, sendo que o betão é um material semicondutor (parcialmente condutor). Ao ligar as armaduras/aço do betão e outros objetos ao CDTE, as tensões de contacto a que podem estar sujeitos os seres humanos podem por essa via ser controladas;
2. Deve-se ter em conta que o betão não é um isolante, mas um semicondutor com uma resistência que pode variar (dependendo do tipo de betão utilizado, da humidade, etc.) entre

100 Ω .m e 10.000 Ω .m. Assim, na vizinhança de instalações elétricas, tais como linhas ferroviárias, existirão correntes elétricas no betão e nas armaduras. Ao ligar as armaduras as correntes dividem-se por entre todas as partes de metal da construção, criando-se um circuito elétrico contínuo que permite:

- Controlar as tensões de passo e contacto tanto em regime permanente como em regime de curto-circuito;
- Garantir a rápida atuação das proteções ao nível da subestação de tração, garantindo-se um caminho de baixa impedância para a corrente de defeito, em caso de curto-circuito à estrutura;
- Mitigar os efeitos das descargas atmosféricas, reduzindo as diferenças de potencial na estrutura e seus efeitos nefastos quer para a estrutura quer para as instalações e/ou subsistemas elétricos ou eletrónicos instaladas sobre a mesma.

Todas as ligações a efetuar na estrutura do túnel e nas suas respetivas armaduras são naturalmente realizadas antes da betonagem desta. As armaduras estruturais podem e devem ser consideradas para a ligação à terra. Qualquer armadura particularmente identificada para esse efeito recebe o nome de Varão Titular de Retorno (VTR). Através das placas de ligação à terra são realizadas ligações entre os VTR e o CDTE ou CDTE's instalados nas canalizações (caminhos de cabos) juntamente com os cabos de telecomunicações e de sinalização ou não.

Nos pontos seguintes apresenta-se alguns desenhos de princípio simplificados.

8.1. Aço em armaduras do revestimento de túneis de blocos pré-fabricados de betão armado

1. As armaduras de blocos pré-fabricados de betão armado não necessitam de ser ligadas à terra (os blocos pré-fabricados que constituem as paredes do túnel são de pequena dimensão e as armaduras possuem um recobrimento espesso (ver Figura 7);
2. As armaduras do descarrilador betonado in-situ têm de ser ligadas à terra de acordo com o ponto 8.3.

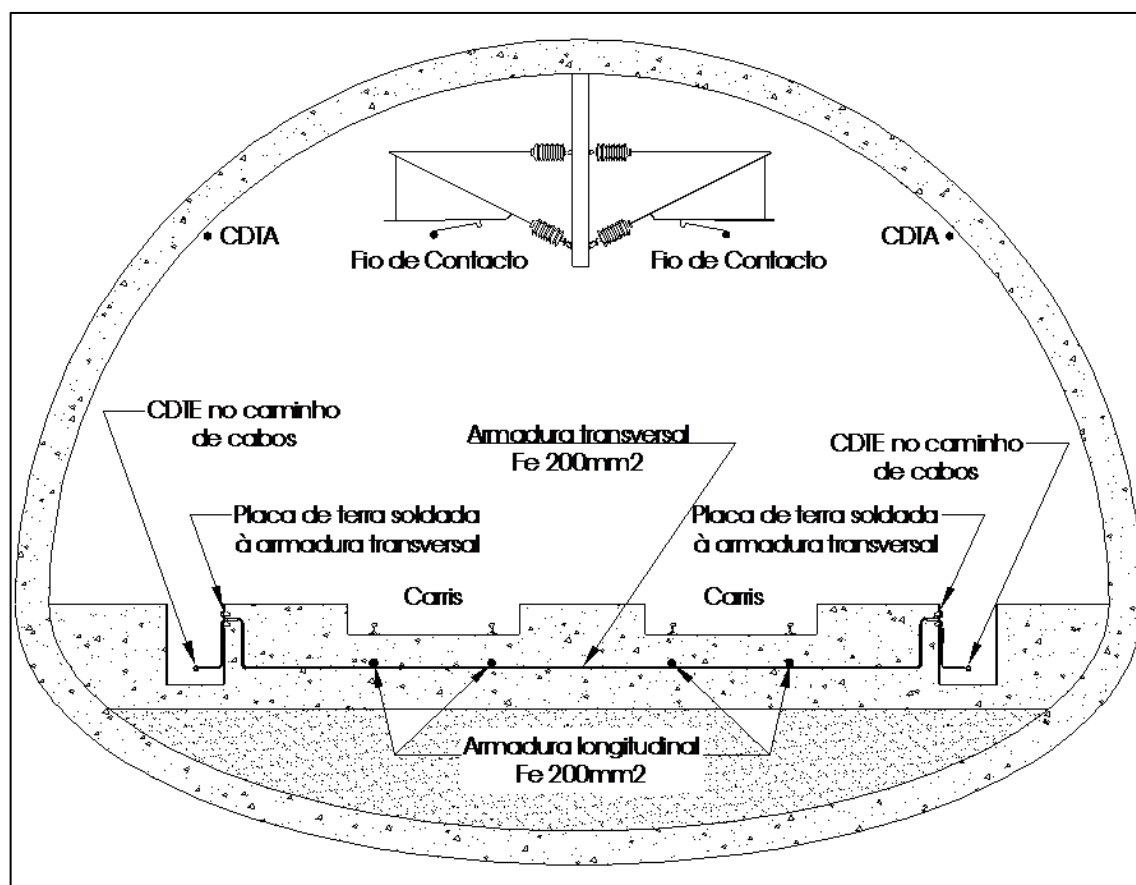


Figura 7 - Secção transversal do túnel: não existem ligações à terra das paredes de betão

8.2. Aço em armaduras de betão armado de paredes betonadas in-situ

Este ponto aplica-se quando o revestimento do túnel é constituído por betão armado betonado in-situ.

1. Em ambos os hasteais do túnel deve ser montada uma armadura de aço com 200 mm² de secção transversal (VTR) (ver Figura 8);
2. Estas armaduras (VTR's) têm de ser soldadas longitudinalmente com a secção transversal mínima da soldadura de 200 mm²;
3. A cada 50 m serão soldadas placas de terras às armaduras (VTR's). Estas placas de terra embutidas no betão terão terminais acessíveis exteriormente, de acordo com o disposto no ponto 18 da Parte 13 – Especificação dos Componentes;

4. Estes VTR's adicionais serão ligados às armaduras ordinárias do betão armado por meio dos usuais arames de "atar o ferro". Não é necessário soldar estas armaduras (VTR's) às que são específicas do betão armado (armaduras ordinárias);
5. As armaduras do descarrilador betonado in-situ têm de ser ligadas à terra de acordo com o ponto 8.3.

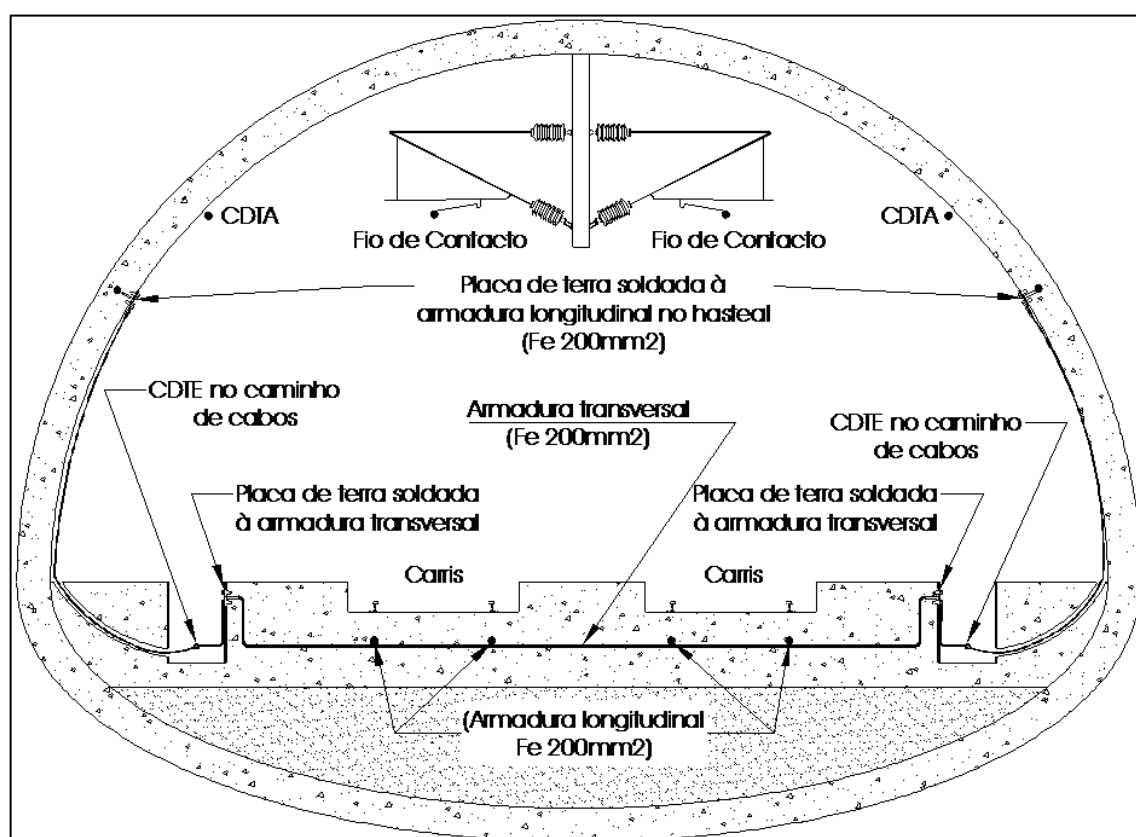
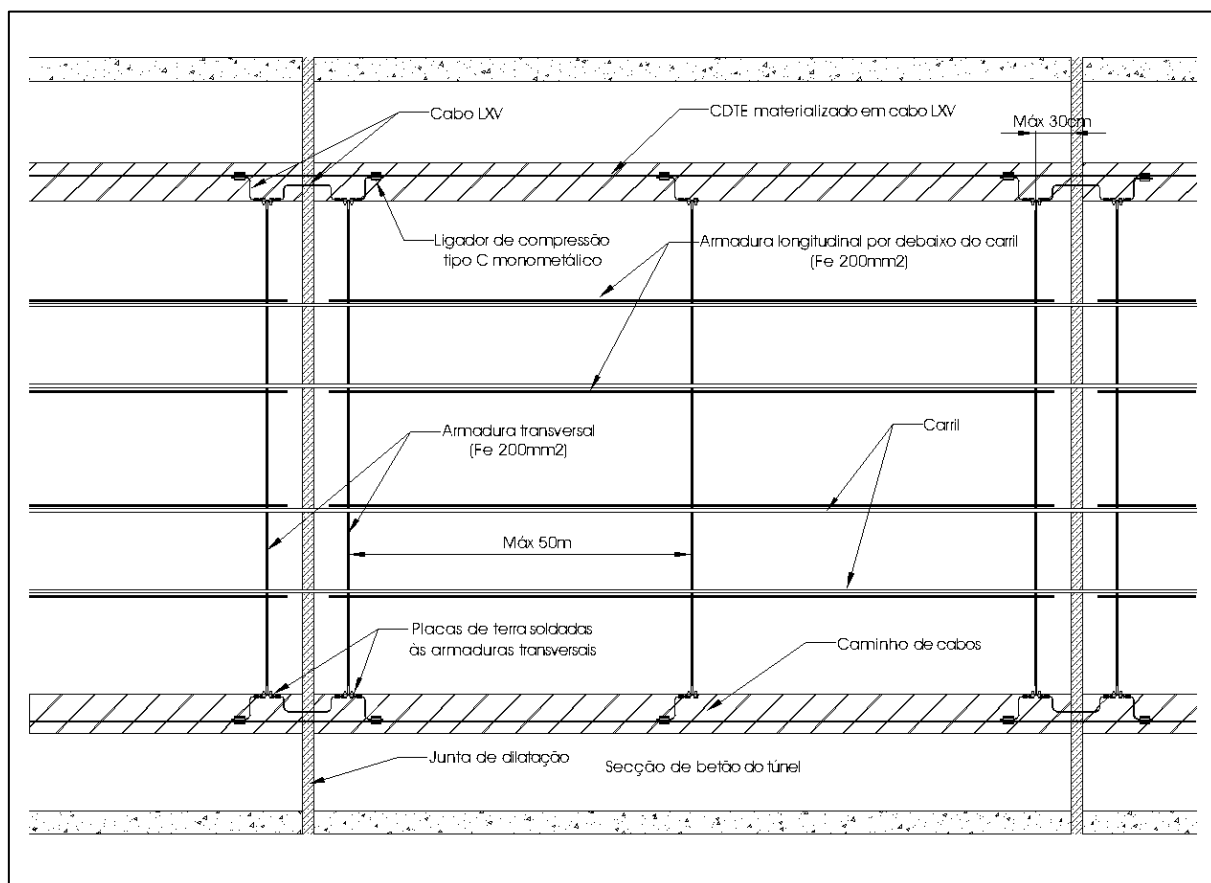


Figura 8 - Ligação à terra das armaduras de betão armado em revestimento de túneis betonado in-situ

8.3. Requisitos para as armaduras de descarrilador betonado "in-situ"

Este ponto aplica-se a todos os túneis, tanto aos túneis com revestimento pré-fabricado como aos túneis que têm revestimento betonado "in-situ" (ver também pontos 8.1 e 8.2).

1. Em cada secção e por cada via tem de ser adicionadas duas armaduras de aço longitudinais (VTR's) com 200 mm^2 de secção transversal conforme ilustrado na



2. Figura 9;

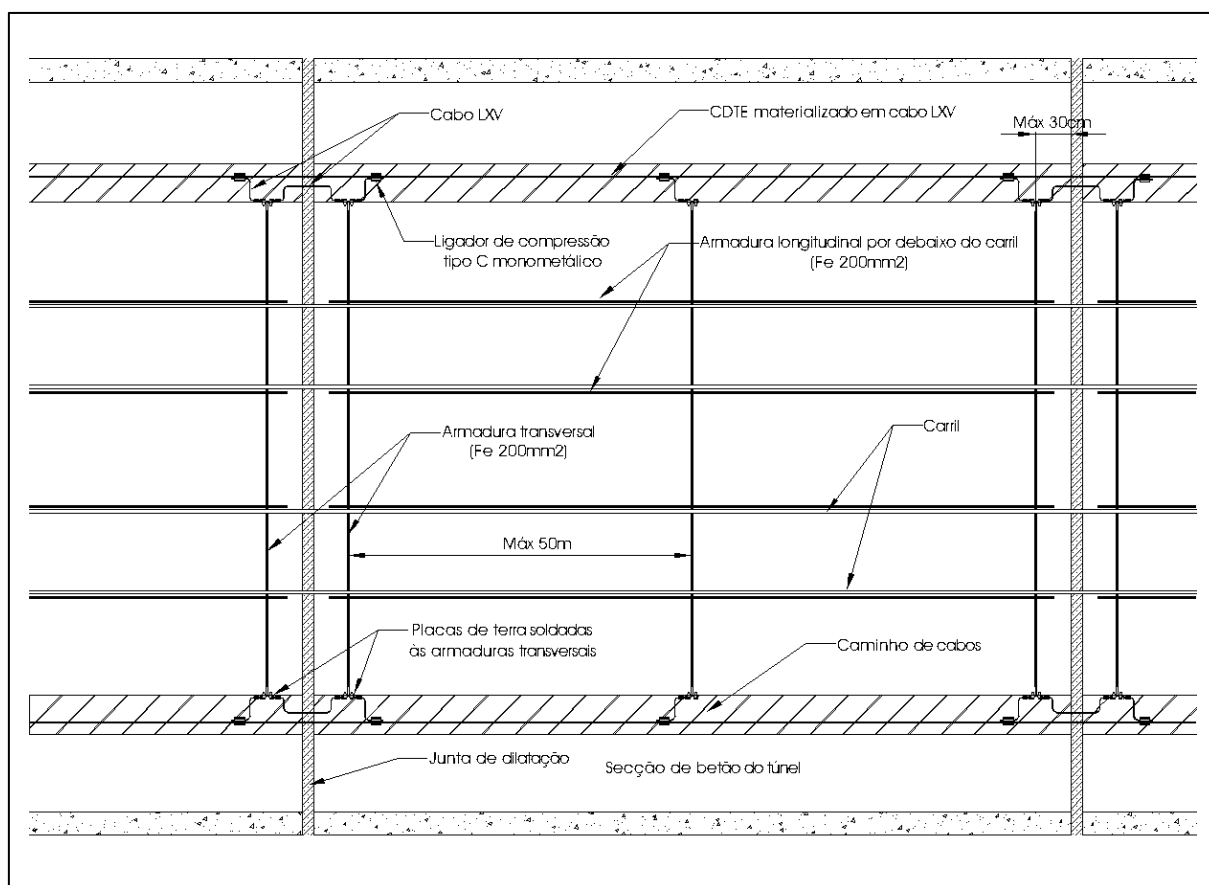
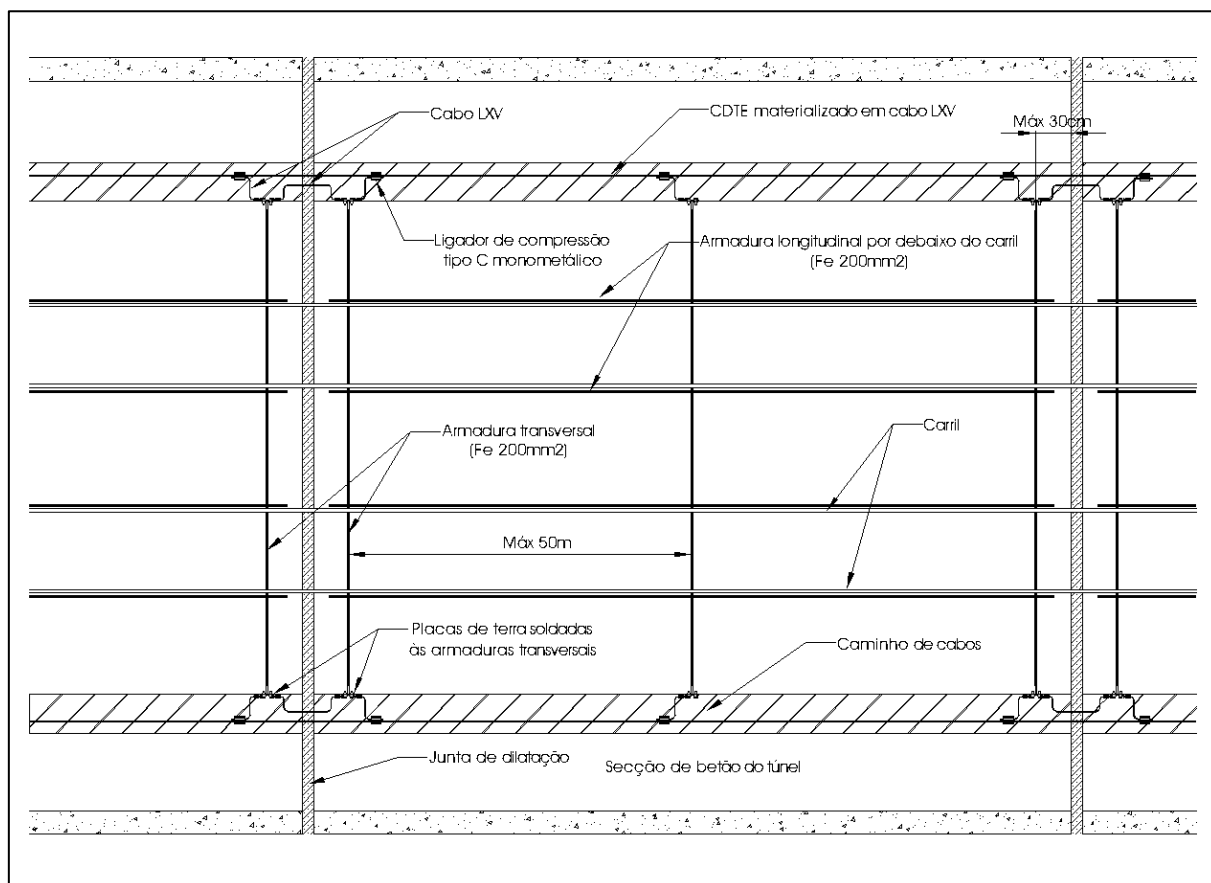


Figura 9 - Armaduras VTR's longitudinais (2 por cada via) e transversais a cada 50m e placas de terra respetivas associadas

3. Estas armaduras (VTR's - 2 VTR por cada via) destinam-se à ligação de terra da laje de betão armado de embasamento e é suficiente a sua ligação às armaduras específicas (ordinárias) do betão armado por meio dos usuais arames de "atar o ferro". Não é necessário soldar as armaduras VTR's às que são específicas (ordinárias) do betão armado bastando usar os usuais arames de atar o ferro;
4. Em cada extremidade de uma secção em betão armado e a cada 50 m estas armaduras são soldadas a placas de terra;
5. Após a betonagem dos elementos de betão as placas de terra de ambos os lados da via, têm de ficar acessíveis de modo a que a estas se possam ligar cabos;
6. A ligação das placas ao sistema de terras faz-se por meio de cabos LXV de 50 mm² de secção;

7. Em cada secção, as armaduras longitudinais sob cada via tem de ser ligadas transversalmente a cada 50 m;
8. A distância entre uma placa de terra e uma junta de dilatação tem de ser no máximo 30 cm (ver



9. Figura 9);
10. As soldaduras entre os varões de aço terão um comprimento mínimo de 50 mm. A secção transversal da soldadura será pelo menos de 200 mm².

8.4. Tubos embebido no betão no descarrilador de vias não balastradas

1. Para a implementação de LTI's ou LEAE's, terão de ser instalados tubos embebidos no betão, entre cada placa de terra e os caminhos de cabos, de acordo com a Figura 10;
2. A localização das canalizações referidas em 1 terão de ser efetuadas de forma compatível com a localização das LTI's e LEAE's no túnel, devendo no entanto ser repetidas canalizações intermédias para eventuais futuras necessidades de alteração associadas à

sinalização, à potência em jogo na subestação ou outras necessidades em matéria de instalação de equipamentos ou estruturas no interior do túnel.

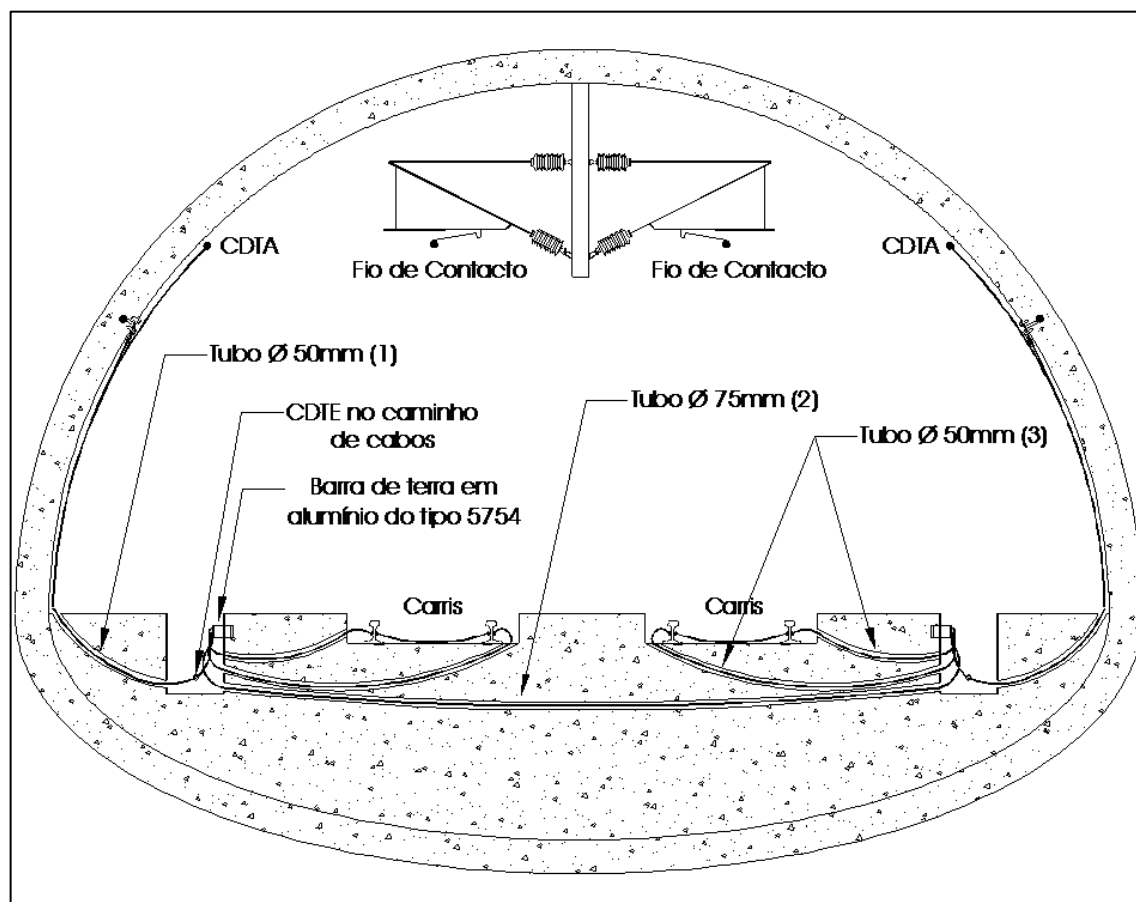


Figura 10 - Localização de tubos no descarrilador de vias não balastradas



Co-financiamento da União Europeia
Rede Transeuropeia de Transportes (RTE-T)

A presente publicação é da exclusiva responsabilidade do autor. A União Europeia não se responsabiliza pela eventual utilização das informações nela contida.

