



AEAMESP

14ª Semana de  
Tecnologia  
Metroferroviária  
2008

# Sistemas de Aterramento, Proteção Contra Descargas Atmosféricas e Contenção de Corrente de Fuga de Tração na Linha 4: Critérios para Definição de Soluções Construtivas

Antonio Luiz Gomes, Ginez Carrasco Peralta, Paulo Luiz Souza.

13/08/2008

TRANSPORT |

**ALSTOM**

# Sistemas de Aterramento, Proteção Contra Descargas Atmosféricas e Contenção de Corrente de Fuga de Tração na Linha 4: Critérios para Definição de Soluções Construtivas

## Conceitos Gerais

Premissas do Edital, tomando como base documentos MD-4.81.99.XX/300-003 (Sistema de Proteção para Minimização das Correntes de Fuga, Aterramento e Proteção Contra Descargas Atmosféricas) e DG-48199XX-300001-(Esquema Geral de Aterramento dos Equipamentos).

Estes documentos definem:

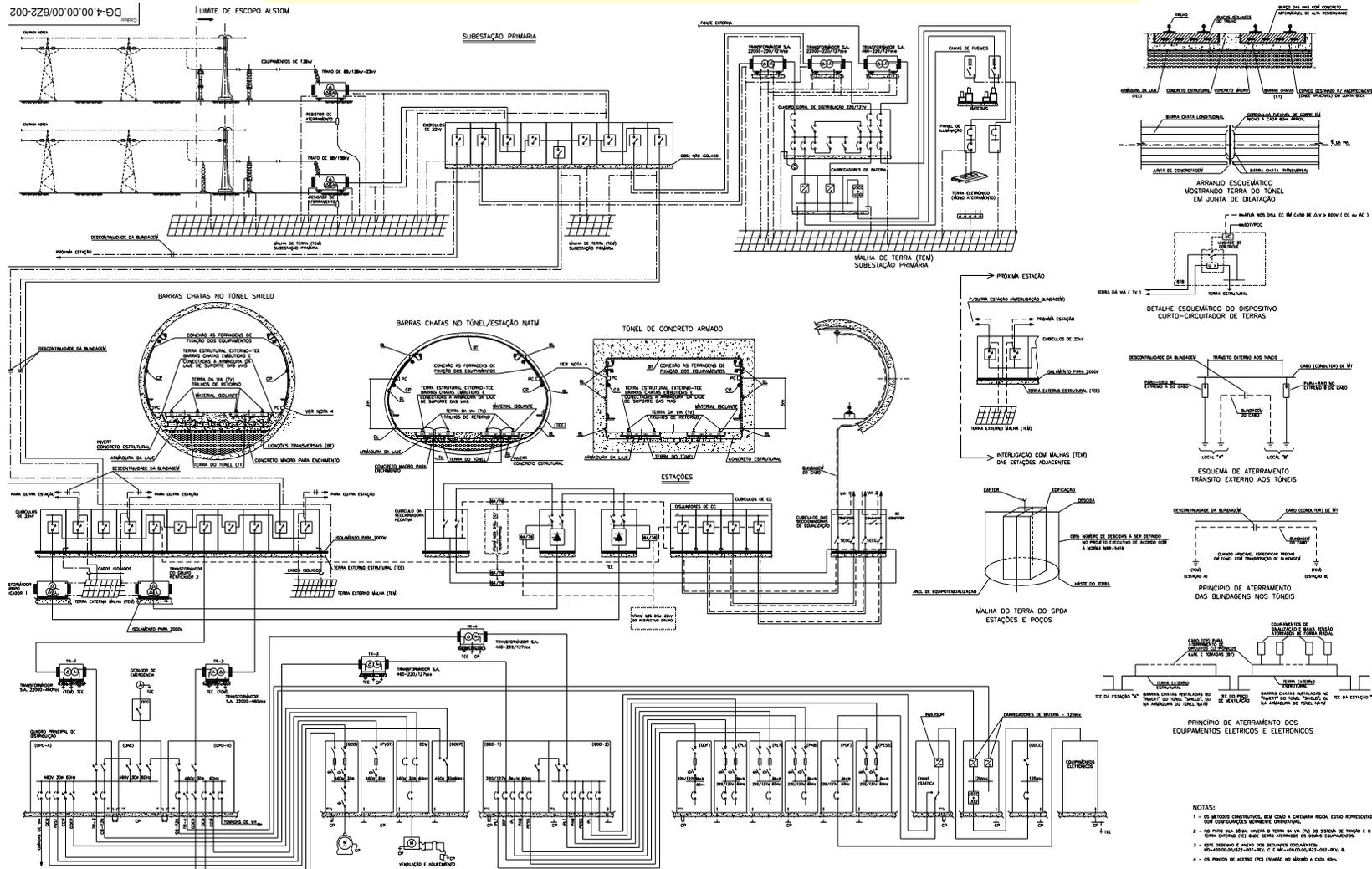
- 1) Conceito dos Três Terras (Terra da Via, Terra do Túnel, Terra Externo)
- 2) Subdivisão do Terra Externo em Terra Externo Estrutural e Terra Externo Malha.

Trabalho realizado pela Alstom visou:

- 1) Consolidação conceitual e delimitação da aplicação em documentos específicos para a Linha 4 tais como Memoriais Descritivos, Memoriais de Cálculo e atualização do Esquema Geral de Aterramento dos Equipamentos.
- 2) Verificação quantitativa para validação das características construtivas sugeridas no Edital para TT e TEE.
- 3) Verificação quantitativa para validação das características construtivas do TEM e definição de solução específica para blindagem metálica do sistema de MT.

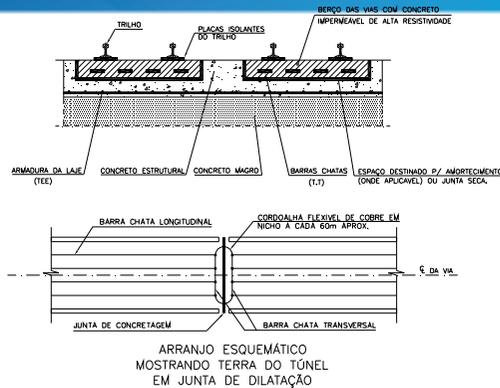
# Sistemas de Aterramento, Proteção Contra Descargas Atmosféricas e Contenção de Corrente de Fuga de Tração na Linha 4: Critérios para Definição de Soluções Construtivas

## Atualização da concepção do Edital da Linha 4:

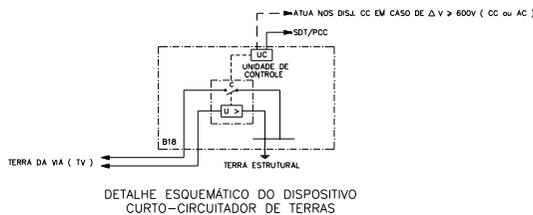


# Sistemas de Aterramento, Proteção Contra Descargas Atmosféricas e Contenção de Corrente de Fuga de Tração na Linha 4: Critérios para Definição de Soluções Construtivas

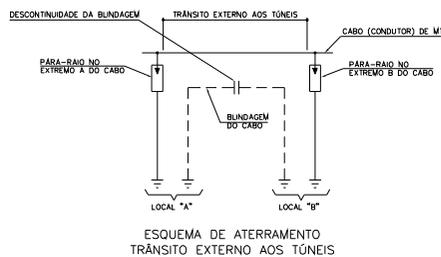
## Atualização da concepção do Edital da Linha 4:



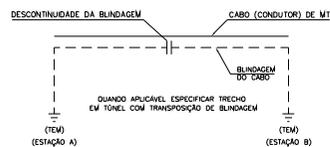
Corte com detalhe das barras chatas do TT e barras chatas do TT em junta de dilatação



Dispositivo curto-circuitador de terras



Para-raios nas extremidades de cabos de MT transitando fora dos túneis e seccionamento de blindagem metálica de MT



## Sistemas de Aterramento, Proteção Contra Descargas Atmosféricas e Contenção de Corrente de Fuga de Tração na Linha 4: Critérios para Definição de Soluções Construtivas

### TERRA DA VIA (TV):

Os trilhos da via permanente, fixados em apoios isolados; retorno da corrente elétrica de tração ao negativo da subestação retificadora (SER).

### TERRA DO TÚNEL (TT):

Barras de aço conectadas à ferragem estrutural do concreto que suporta diretamente os trilhos. Concentram eventuais correntes de fuga do sistema elétrico de tração atenuando sua dispersão e corrosão galvânica em outras estruturas.

### TERRA ESTRUTURAL (TERRA EXTERNO ESTRUTURAL - TEE):

Barras de aço conectadas à ferragens do concreto do túnel distintas daquelas do Terra do Túnel. O TEE equipotencializa as estruturas, torna-se a "massa de referência" para todos os equipamentos de baixa tensão, eletrônica e para efeito de proteção pessoal internamente às edificações, servindo também como retorno para correntes de falta em CA (BT).

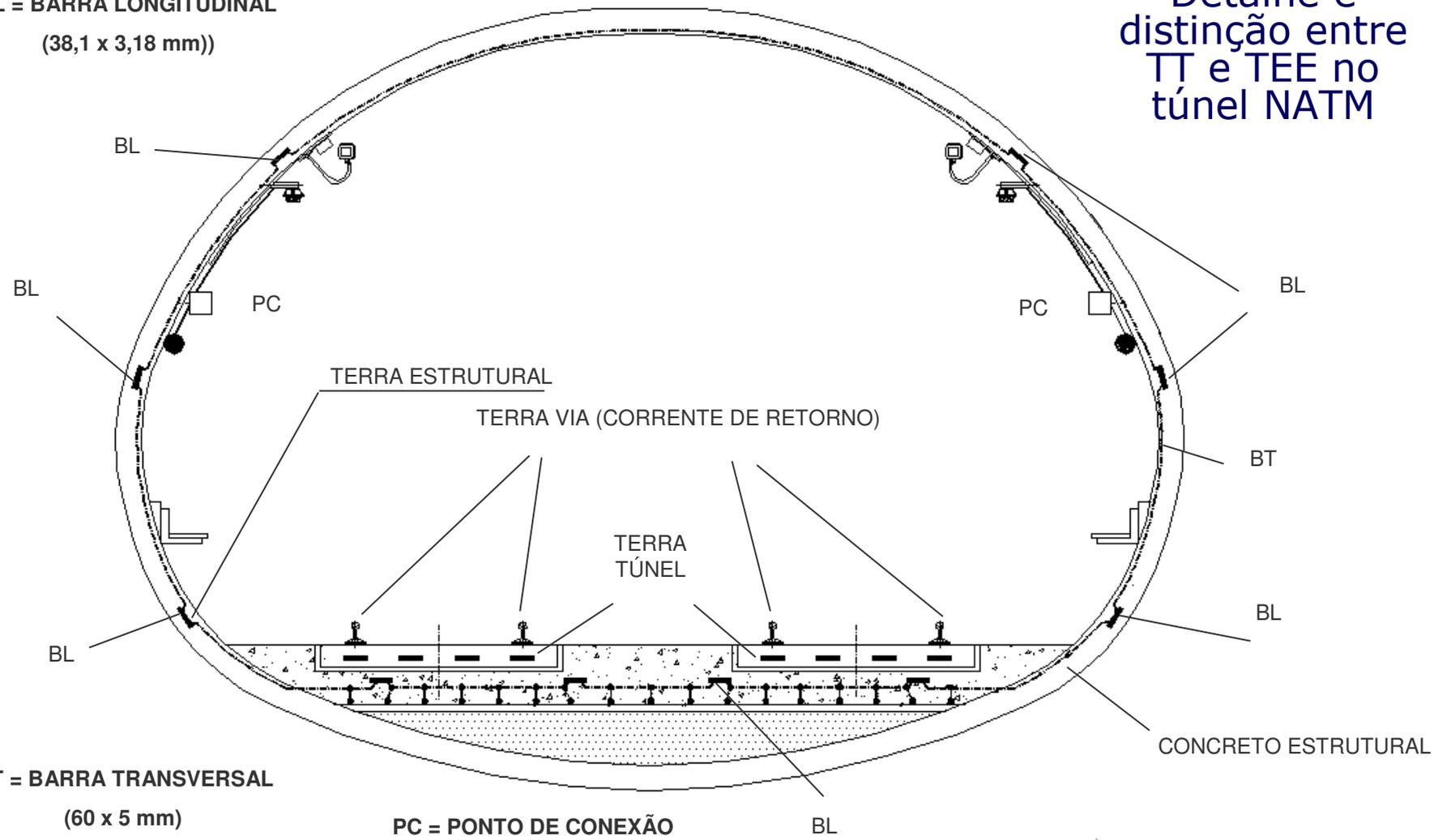
# Sistemas de Aterramento, Proteção Contra Descargas Atmosféricas e Contenção de Corrente de Fuga de Tração na Linha 4: Critérios para Definição de Soluções Construtivas

Detalhe e distinção entre TT e TEE no túnel NATM

**BL = BARRA LONGITUDINAL**  
(38,1 x 3,18 mm))

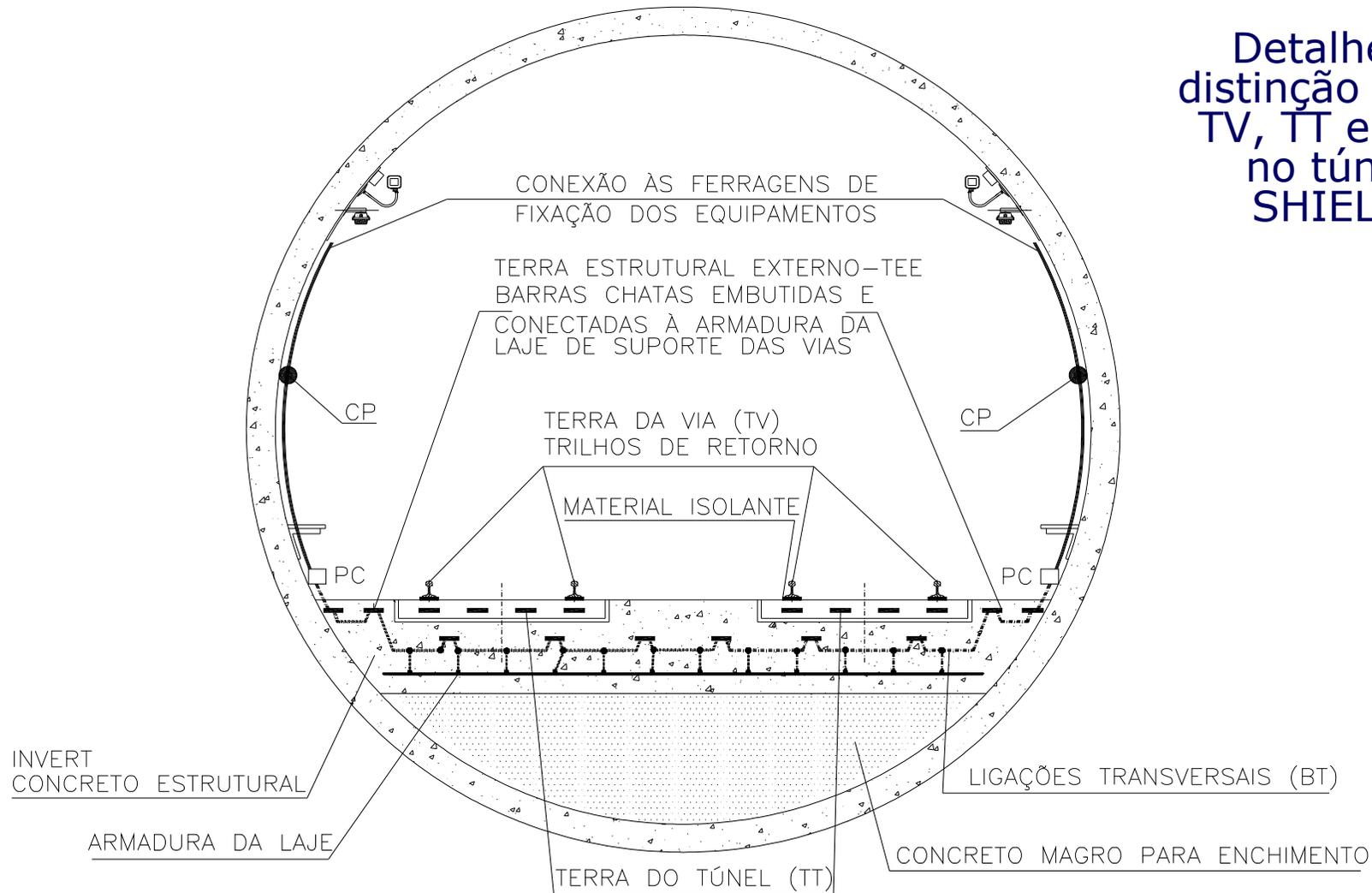
**BT = BARRA TRANSVERSAL**  
(60 x 5 mm)

**PC = PONTO DE CONEXÃO**



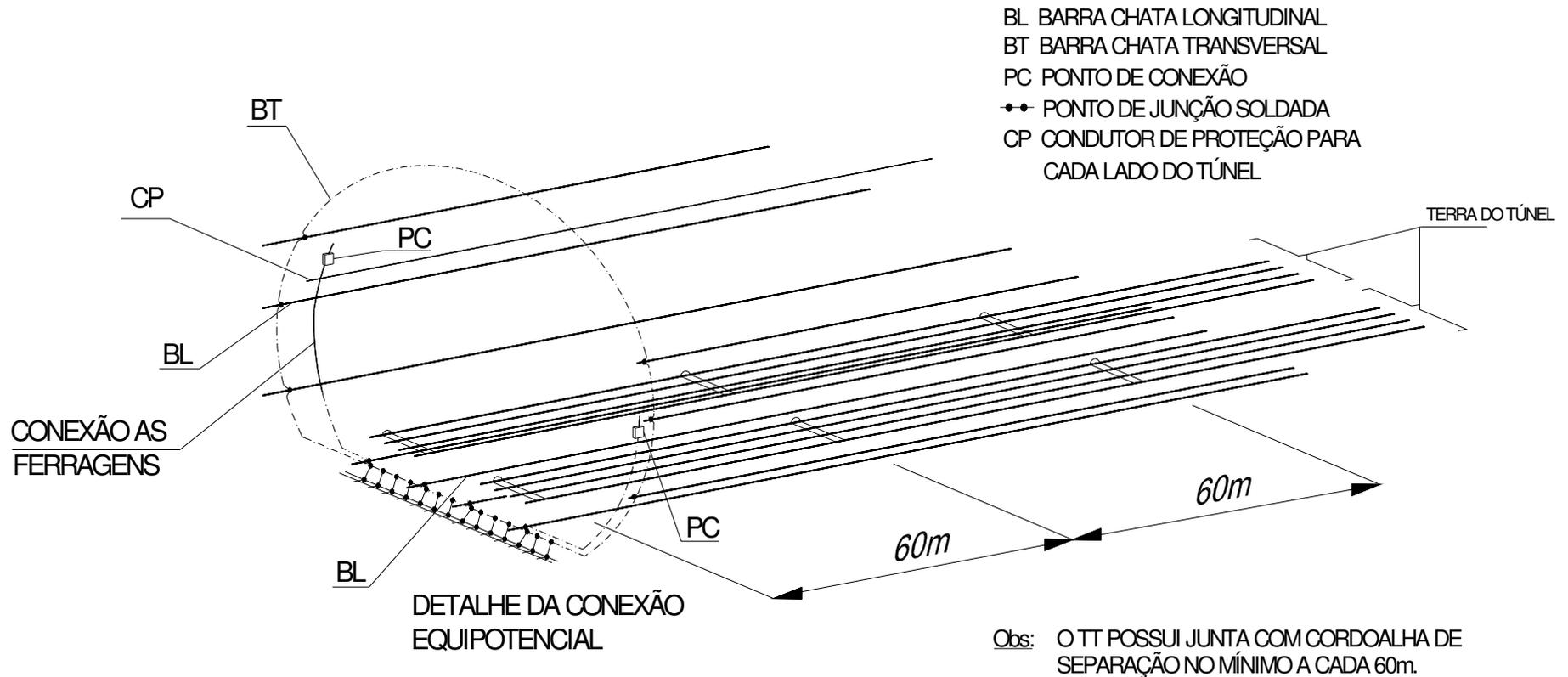
# Sistemas de Aterramento, Proteção Contra Descargas Atmosféricas e Contenção de Corrente de Fuga de Tração na Linha 4: Critérios para Definição de Soluções Construtivas

Detalhe e distinção entre TV, TT e TEE no túnel SHIELD



# Sistemas de Aterramento, Proteção Contra Descargas Atmosféricas e Contenção de Corrente de Fuga de Tração na Linha 4: Critérios para Definição de Soluções Construtivas

## Detalhe e distinção entre TT e TEE no túnel SHIELD



## Sistemas de Aterramento, Proteção Contra Descargas Atmosféricas e Contenção de Corrente de Fuga de Tração na Linha 4: Critérios para Definição de Soluções Construtivas

### Requisitos para redução da corrente de fuga

Baixa resistência longitudinal dos trilhos de rolamento, pois neles circula a corrente de tração (retorno para o negativo das SER's ( $\Delta V \text{ trilho} = R_t \times I$ )  $\rightarrow (\Delta V \text{ trilho} \uparrow \rightarrow I_{\text{fuga}} \uparrow$ ).

Garantir uma boa isolamento entre os trilhos de rolamento e estruturas adjacentes.

### Limitações para redução da corrente de fuga

Resistência longitudinal dos trilhos de rolamento é função do tipo do trilho e da quantidade de bondeamentos entre eles, quantidade esta limitada pelo número de circuitos de via da sinalização.  $\Rightarrow$  (Nº Bondeamentos  $\downarrow \Rightarrow$  Resistência trilhos  $\uparrow$ )

Isolação para estruturas adjacentes depende do assentamento e manutenção da via permanente (condições ambientais, umidade, sujeira nas fixações isolantes dos trilhos).

Em função da impossibilidade de isolação total entre o TV e o TEE, o risco de ocorrência de tensões elevadas entre estes estará sempre presente  $\Rightarrow$  necessidade do dispositivo de curto circuito entre terras.

# Sistemas de Aterramento, Proteção Contra Descargas Atmosféricas e Contenção de Corrente de Fuga de Tração na Linha 4: Critérios para Definição de Soluções Construtivas

## Terra do Túnel – Cálculo da Quantidade de Barras Chatas

Dimensionamento da mínima área de ferragem adicional às necessidades estruturais do Terra do Túnel e que garanta continuidade elétrica longitudinal.

Metodologia de cálculo para o Terra do Túnel - de acordo com a norma alemã VÖV 04.740.5. ⇒ ***Baseia-se na regra prática de que para diferenças de potencial inferiores a 0,1 Volt, corrosão galvânica significativa torna-se improvável.***

$U_{tmax} =$	$(L^3 / 12) \times R's \times R't \times G'st \times I_{max}$	(em volts)
$R't =$	$(U_{tmax} \times 12) / (L^3 \times R's \times G'st \times I_{max})$	(em $\Omega / km$ )

Onde:

$R't (\Omega / km)$  = Resistência longitudinal das ferragens, trecho de túnel entre SER's vizinhas.

$U_{tmax} (V)$  = Diferença de potencial na estrutura com ferragens adicionais.

$L (km)$  = "L" comprimento de um setor (distância entre a SER e o ponto denominado "divisor de corrente", ponto no qual a corrente nos trilhos é zero na média temporal).

$R's (\Omega / km)$  = Resistência longitudinal dos trilhos de rolamento.

$G'st (S/km)$  = Condutância transversal entre trilhos de rolamento e estrutura.

$I_{max}$  = Corrente máxima de tração nos trilhos de rolamento no trecho da via.

## Sistemas de Aterramento, Proteção Contra Descargas Atmosféricas e Contenção de Corrente de Fuga de Tração na Linha 4: Critérios para Definição de Soluções Construtivas

### Terra do Túnel - Exemplo de cálculo de barras chatas do TT por trecho

-	Corrente	Valor de "L" [ km ]
PVS	2.905	1,29
BUT	4.805	
$K_{PVS}$ [%]	0,38	2,14
$K_{BUT}$ [%]	0,62	

TRECHO	PVS / BUT	UNIDADE
Pos. PVS	2,79	km
Pos. BUT	6,22	km
Dist. Entre SE's	<b>3,43</b>	km
$L$ [ km ] =	<b>2,14</b>	km
$R's$ =	0,00944	$\Omega$ / km
$G'st$	0,0333	S / km
$I$ máx.	4.805	[ A ]
<b><math>R't</math> =</b>	<b>0,081</b>	<b>ohm/km</b>
Verificação	0,056	< ou = 0,7
Resitiv. Ferro	0,16	$\Omega \cdot mm^2/m$
Secção necess.	1.969	$mm^2$
Quant. Barras de 300 $mm^2$	7	pc.

A tabela ao lado resume o cálculo na situação mais crítica da linha, resultando 1.969  $mm^2$  (no mínimo 7 barras de 300 $mm^2$ ) de aço adicional à estrutura do berço das vias. Considerando que:

- Trecho mais crítico da Linha 4 mostrou a necessidade de 8 (oito) barras de ferro de seção unitária de 300 $mm^2$ ;
- Essas ferragens são de "sacrifício";
- Operações em regime de falta de grupo/estação retificadora aumentam desequilíbrio na distribuição de correntes de tração;
- Aspecto positivo de padronização da via permanente;
- A região de maior adensamento urbano contempla (via cálculo) seção mínima superior à recomendada pela VOV .04.740.5 pg.4 item 2 de pelo menos 400  $mm^2$  por via.

**Sugere-se adotar configuração de 8 (oito) barras (4 por via), de 300 $mm^2$  de seção unitária, ao longo do túnel em toda extensão da via.**

# Sistemas de Aterramento, Proteção Contra Descargas Atmosféricas e Contenção de Corrente de Fuga de Tração na Linha 4: Critérios para Definição de Soluções Construtivas

## Critérios para determinação de barras do TEE – Resistência em CA

- Padrão nominal inicialmente considerado no edital: 20 x 3mm, mínimo 14 barras, 840mm<sup>2</sup> seção eq.
- Padrão comercial inicialmente considerado no projeto: (19,05 x 3,18mm), 14 barras, 848mm<sup>2</sup> seção eq.
- Padrão comercial finalmente utilizado no projeto: (38,1 x 3,18mm), 10 barras, 1211,6mm<sup>2</sup> seção eq.

### **Por que não utilizar padrão de barras igual ao do TT (60 x 5 mm) e otimizar montagem do TEE ?**

**Primeira razão:** poucas barras podem descaracterizar papel de elemento equalizador de potencial do TEE.

**Segunda razão:** consideração do "efeito pelicular" (skin effect) sobre a utilização racional do material.

Distribuição de corrente alternada num condutor metálico é distinta daquela da corrente contínua.

O efeito pelicular depende da frequência da corrente e deve ser avaliada quando as dimensões lineares da seção transversal do condutor ultrapassarem alguns milímetros.

A densidade de corrente (em CA) ao longo da profundidade de um condutor vale:  $\mathbf{J_y = J_o \cdot e^{-y/\delta}}$

onde  $\mathbf{J_o}$  é a densidade de corrente na superfície do condutor,  $\mathbf{J_y}$  a densidade de corrente no ponto de profundidade "y" do condutor e "δ" é uma constante, para cada material numa dada frequência chamada "profundidade pelicular". A profundidade pelicular vale:  $\delta = (2 \times \rho / \omega \times \mu)^{1/2}$ , com:

$\rho$  = resistividade do material,  $\omega = 2 \pi f$ , f = frequência da rede (Hz),  $\mu$  = permeabilidade magnética

## Sistemas de Aterramento, Proteção Contra Descargas Atmosféricas e Contenção de Corrente de Fuga de Tração na Linha 4: Critérios para Definição de Soluções Construtivas

### Critérios para determinação de barras do TEE – Resistência em CA

Como resultado, o aço SAE 1020 em 60 Hz, apresenta " $\delta$ "  $\sim$  0,9 a 1,3 mm, dependendo da condição de saturação magnética do aço.

Numa barra de aço com 3,18 mm de espessura o aumento da resistência será da ordem de 20 a 70%, (resistência em 60 Hz  $\sim$  1,2 a 1,7 vezes a resistência em CC) e numa barra de 5 mm de espessura o aumento da resistividade será da ordem de 95 a 180%, (resistência em 60 Hz  $\sim$  2 a 3 vezes a resistência em CC).

**Por isto as barras de aço mais finas são mais adequadas para uso como barras longitudinais do TEE, havendo apenas razões de ordem mecânica para não usar barras ainda mais finas.**

**A resistência equivalente por unidade de comprimento do aço utilizado nas barras chatas do TEE corresponde a de um condutor equivalente em cobre de seção (mínima) 108 mm<sup>2</sup> (seção equivalente com os requisitos da NBR 5410 para um condutor de proteção de BT), mesmo na presença do efeito pelicular em 60 Hz.**

# Sistemas de Aterramento, Proteção Contra Descargas Atmosféricas e Contenção de Corrente de Fuga de Tração na Linha 4: Critérios para Definição de Soluções Construtivas

## Critérios para determinação de descontinuidade de blindagens em cabos de MT

- Cabos de potência: blindagem semicondutora e blindagem metálica.
- Blindagem semicondutora ⇒ equaliza campo elétrico, má condutora e não deve ser interrompida.
- Blindagem metálica ⇒ retorno de corrente para a fonte, indica falha do dielétrico, pode ser interrompida.

### **Conceito: blindagens metálicas aterradas nas duas extremidades ou apenas em um ponto ?**

- Blindagens metálicas aterradas nas duas extremidades em cabos de potência – ausência de tensões induzidas para terra/entre fases mas com circulação de corrente pela blindagem metálica.
- Blindagens metálica aterradas apenas em um ponto em cabos de potência – presença de tensões induzidas para terra/entre fases mas sem circulação de corrente pela blindagem metálica.

### **Qual o fator limitante nas instalações de Média Tensão do Metro?**

#### **Circulação de corrente nas blindagens metálicas ou presença de tensão induzida em extremidades?**

- Circulação de corrente nas blindagens metálicas ⇒ sobreaquecimento, diminuição de ampacidade e de vida útil.
- Blindagens metálicas aterradas em um ponto ⇒ sem sobreaquecimento, sem diminuição de ampacidade e de vida útil mas possibilidade de presença de tensão na blindagem ⇒ risco pessoal / patrimonial.

# Sistemas de Aterramento, Proteção Contra Descargas Atmosféricas e Contenção de Corrente de Fuga de Tração na Linha 4: Critérios para Definição de Soluções Construtivas

## Critérios para determinação de descontinuidade de blindagens em cabos de MT

### **Escolha conceitual pode eliminar os problemas listados?**

O aterramento das blindagens metálicas apenas em um ponto para os cabos de potência do sistema de Média Tensão da Linha 4 concilia segurança operacional e diminuição das necessidades de manutenção através de:

- Segurança para proteção contra defeitos fase-terra (sistema não isolado).
- Eliminação da corrente de circulação para terra originada pelo aterramento das blindagens dos cabos de potência nos dois lados de cada trecho.
- Limites para as tensões induzidas nas extremidades não aterradas de blindagens metálicas em diversas situações de carregamento dos cabos (carga normal, sobrecarga e curto).

### **Quais critérios adotar para limitação de tensões induzidas ?**

- **50 V conforme NBR 14039:2005 (contato com tempo > 10 s, instalações abrigadas) ⇒ critério para tensões induzidas por correntes de carga.**
- **Tensão de toque de curta duração conforme figura A1 do anexo A da NBR 14039:2005, ou IEEE-80 – 2000 cap. 8, para tensões induzidas por correntes de curto.**

# Sistemas de Aterramento, Proteção Contra Descargas Atmosféricas e Contenção de Corrente de Fuga de Tração na Linha 4: Critérios para Definição de Soluções Construtivas

## Critérios para determinação de descontinuidade de blindagens em cabos de MT

Adotando uma simplificação das equações gerais de J. R. Carson, conforme o "High Voltage Cable Standards, Pirelli Volume II" as tensões induzidas nas blindagens de cabos portando correntes trifásicas balanceadas, dispostos numa configuração geométrica genérica, são:

$$E_1 = j.w.I.2.10^{-7}.(-1/2.\ln(2/d.S_{12}^2/S_{13}) + j.\sqrt{3}/2.\ln(2.S_{13}/d)) \quad (\text{V/m})$$

$$E_2 = j.w.I.2.10^{-7}.(+1/2.\ln(4.S_{12}.S_{23}/d^2) + j.\sqrt{3}/2.\ln(S_{23}/S_{12})) \quad (\text{V/m})$$

$$E_3 = j.w.I.2.10^{-7}.(-1/2.\ln(2/d.S_{23}^2/S_{13}) - j.\sqrt{3}/2.\ln(2.S_{13}/d)) \quad (\text{V/m}), \text{ Onde:}$$

- **d = diâmetro médio da blindagem (m);**
- **S12 = distância axial entre condutores das fases 1 e 2;**
- **S23 = distância axial entre condutores das fases 2 e 3;**
- **S13 = distância axial entre condutores das fases 1 e 3;**
- **I = corrente no condutor nº 2 (A, valor eficaz);**
- **w = frequência angular do sistema (w=2.p.60= 377 s-1)**

**Confrontando os critérios limites para tensão induzida com os resultados das tensões calculadas, torna-se possível, localizar e quantificar posições de seccionamento de blindagens metálicas e transposição de blindagens entre fases, quando aplicável.**

# Sistemas de Aterramento, Proteção Contra Descargas Atmosféricas e Contenção de Corrente de Fuga de Tração na Linha 4: Critérios para Definição de Soluções Construtivas

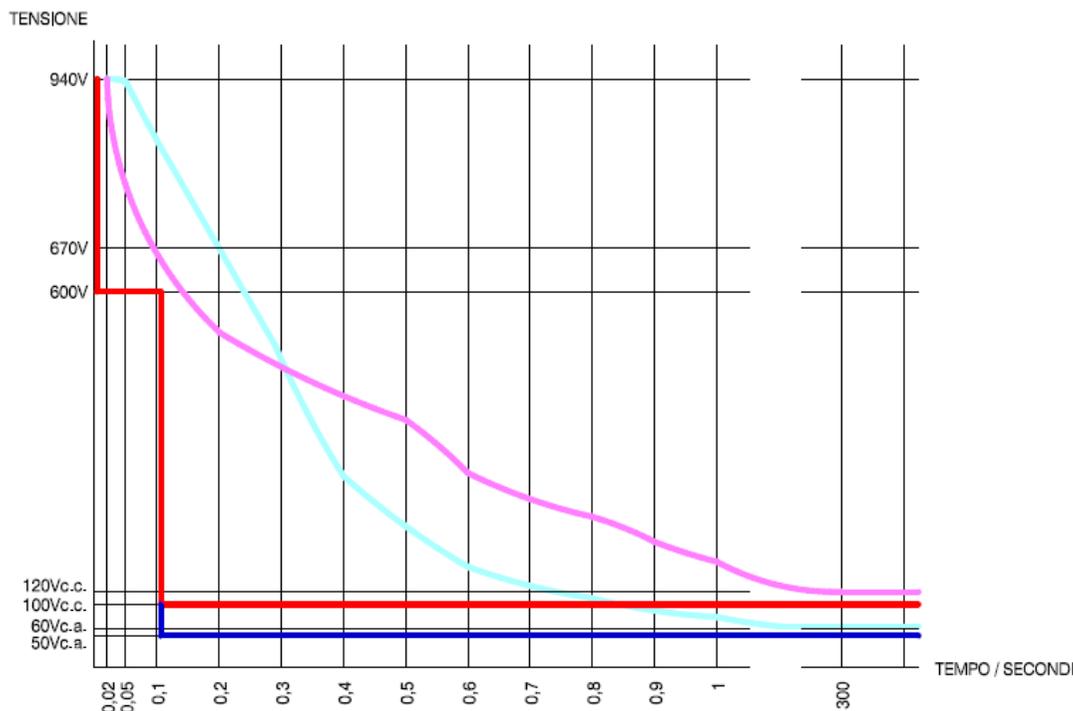
**TABELA RESULTANTE PARA DECISÃO DE ATERRAMENTO E DESCONTINUIDADE DE BLINDAGENS EM CABOS DE MT EM TUNEIS:**

- 1) TODOS OS CABOS DE MT ENTRE ESTAÇÕES DESTA FASE DE IMPLANTAÇÃO DEVERÃO TER BLINDAGENS DE MT ABERTAS NO CENTRO DO TRECHO CONFORME ESTA TABELA.
- 2) TODOS OS CABOS DE MT DEVERÃO TER CABOS COM TRANSPOSIÇÃO DE CONDUTORES E DE BLINDAGENS, MESMO ONDE DISCRIMINADO "NAO OBRIGATORIO".
- 3) TODAS AS TRANSPOSIÇÕES DE CABOS E BLINDAGENS DEVERÃO OCORRER NA CONDIÇÃO DE 1/6 DO TRECHO (1/3 DE 1/2 TRECHO) CONFORME ESTA TABELA.
- 4) TODOS OS SECCIONAMENTOS DE BLINDAGENS DEVERÃO GARANTIR DISTÂNCIA MÍNIMA E ISOLADA DE 40 MM ("INSULATION RING") ENTRE OS DOIS LADOS DE BLINDAGEM DE UM MESMO CABO CONFORME PROCEDIMENTOS PE-4.00.00.00/6P4-001 E 002 NAS REVISÕES MAIS ATUAIS.
- 5) ESTA TABELA EM SUA VERSÃO INTEGRAL COMPOE O MEMORIAL DE CALCULO QUE VERIFICA E JUSTIFICA ESTAS DECISÕES.

SETOR ELÉTRICO	ITEM	LIGAÇÃO	TRECHO (Aterrado no TEM nas extremidades)	EXTENSÃO TRECHO (m)	BLIND. ABERTA 50% TRECHO (m)	CONDUTOR	VIND TRIF. (NOM) (V)	VIND TRIF. NOM (TRANSP.) (V)	VIND TRIF. CC (TRANSP.) (V)	VIND. CC MONOF. (V)	VIND. MAX. V	NECESSITA TRANSP. BLD? (CURTO TRIF.)	TENSÃO TRIF. EM CC < 400 V	TENSÃO MONOF. EM CC < 400 V	TENSÃO TRIF. EM REGIME < 50 V	
1 (YVB)	1	PVS - YVB	PVS-CAX	2016	1008	6 X 240MM2	24,66	9,81	461,86	92,01	137,91	400	TRANSPOR	TRANSPOR	OK	OK
	2	PVS - YVB	CAX-BUT	1906	953	6 X 240MM2	46,63	19,34	465,12	95,32	139,24	400	TRANSPOR	TRANSPOR	OK	OK
	3	YVB-PIN	BUT-PIN	886	443	6 X 240MM2	10,84	3,53	229,63	74,80	64,12	400	Não obrigatória	OK	OK	OK
	4	PVS - FRA	PVS-CAX	2166	1083	6 X 150MM2	54,02	20,36	505,83	97,29	148,17	400	TRANSPOR	TRANSPOR	OK	TRANSPOR
	5	PVS - FRA	CAX-BUT	1784	892	6 X 150MM2	44,49	19,41	416,62	88,37	122,04	400	TRANSPOR	TRANSPOR	OK	OK
	6	PVS - FRA	BUT-PIN	982	491	6 X 150MM2	24,49	17,41	229,33	69,64	67,18	400	Não obrigatória	OK	OK	OK
	7	PVS - FRA	PIN-FAL	993	496,5	6 X 150MM2	24,76	17,44	231,90	69,90	67,93	400	Não obrigatória	OK	OK	OK
	8	PVS - FRA	FAL-FRA	1175	587,5	6 X 150MM2	29,30	17,89	274,40	74,15	80,38	400	Não obrigatória	OK	OK	OK
	9	PVS-PIN	PVS-CAX	2166	1083	6 X 150MM2	54,02	20,36	505,83	97,29	148,17	400	TRANSPOR	TRANSPOR	OK	TRANSPOR
	10	PVS-PIN	CAX-BUT	1784	892	6 X 150MM2	44,49	19,41	416,62	88,37	122,04	400	TRANSPOR	TRANSPOR	OK	OK
	11	PVS-PIN	BUT-PIN	982	491	6 X 150MM2	24,49	17,41	229,33	69,64	67,18	400	Não obrigatória	OK	OK	OK
	12	PIN-PTA	PIN-FAL	993	496,5	6 X 150MM2	37,15	26,16	258,49	77,91	70,42	400	Não obrigatória	OK	OK	OK
	13	PIN-PTA	FAL-FRA	1175	587,5	6 X 150MM2	43,95	26,84	299,74	80,99	81,66	400	Não obrigatória	OK	OK	OK
	14	PIN-PTA	FRA-PTA	2749	1374,5	6 X 150MM2	102,83	32,73	687,25	118,72	187,24	400	TRANSPOR	TRANSPOR	OK	TRANSPOR
2 (CNS)	15	FRA-PTA	FRA-PTA	2749	1374,5	6 X 150MM2	68,56	21,82	550,20	95,05	214,19	400	TRANSPOR	TRANSPOR	OK	TRANSPOR
2(CNS) / 3(REP)	16	PTA-REP	PTA-REP	2515	1257,5	6 X 150MM2	31,36	10,62	503,36	90,37	195,95	400	TRANSPOR	TRANSPOR	OK	OK
3(REP) / 4(LUZ)	17	REP-LUZ	REP-LUZ	1456	728	6 X 150MM2	18,16	9,30	291,41	69,17	113,44	400	Não obrigatória	OK	OK	OK
1 (YVB)	18	PVS-BUT	PVS-CAX	2016	1008	3 X 70MM2	3,29	1,31	297,19	59,20	99,52	400	Não obrigatória	OK	OK	OK
	19	PVS-BUT	CAX-BUT	1906	953	3 X 70MM2	4,67	1,94	366,87	75,18	110,37	400	Não obrigatória	OK	OK	OK
	20	BUT-FRA	BUT-PIN	886	443	3 X 70MM2	1,45	1,12	199,12	64,86	56,25	400	Não obrigatória	OK	OK	OK
	21	BUT-FRA	PIN-FAL	993	496,5	3 X 70MM2	0,81	0,57	192,12	57,91	57,75	400	Não obrigatória	OK	OK	OK
	22	BUT-FRA	FAL-FRA	1175	587,5	3 X 70MM2	5,76	3,52	160,47	43,36	74,01	400	Não obrigatória	OK	OK	OK
2 (CNS)	23	FRA-PTA	FRA-PTA	2749	1374,5	3 X 70MM2	2,29	0,73	382,69	66,11	173,15	400	Não obrigatória	OK	OK	OK
2(CNS) / 3(REP)	24	PTA-REP	PTA-REP	2515	1257,5	3 X 70MM2	2,09	0,71	517,43	92,89	199,95	400	TRANSPOR	TRANSPOR	OK	OK
3(REP) / 4(LUZ)	25	REP-LUZ	REP-LUZ	1456	728	3 X 70MM2	1,21	0,62	300,34	71,29	99,19	400	Não obrigatória	OK	OK	OK

# Sistemas de Aterramento, Proteção Contra Descargas Atmosféricas e Contenção de Corrente de Fuga de Tração na Linha 4: Critérios para Definição de Soluções Construtivas

## Critérios para determinação de atuação de curto-circuitador de terra



Dispositivo deve atuar nas condições usuais de positivação dos trilhos em relação ao terra:

$\Delta V$  trilho  $\uparrow \Rightarrow$  Dispositivo atua de acordo com curvas de suportabilidade tensão x tempo - Cenelec

CEI EN 50122-1

Curva típica de atuação de um dispositivo respeitando condições limites de tensão x tempo - Cenelec

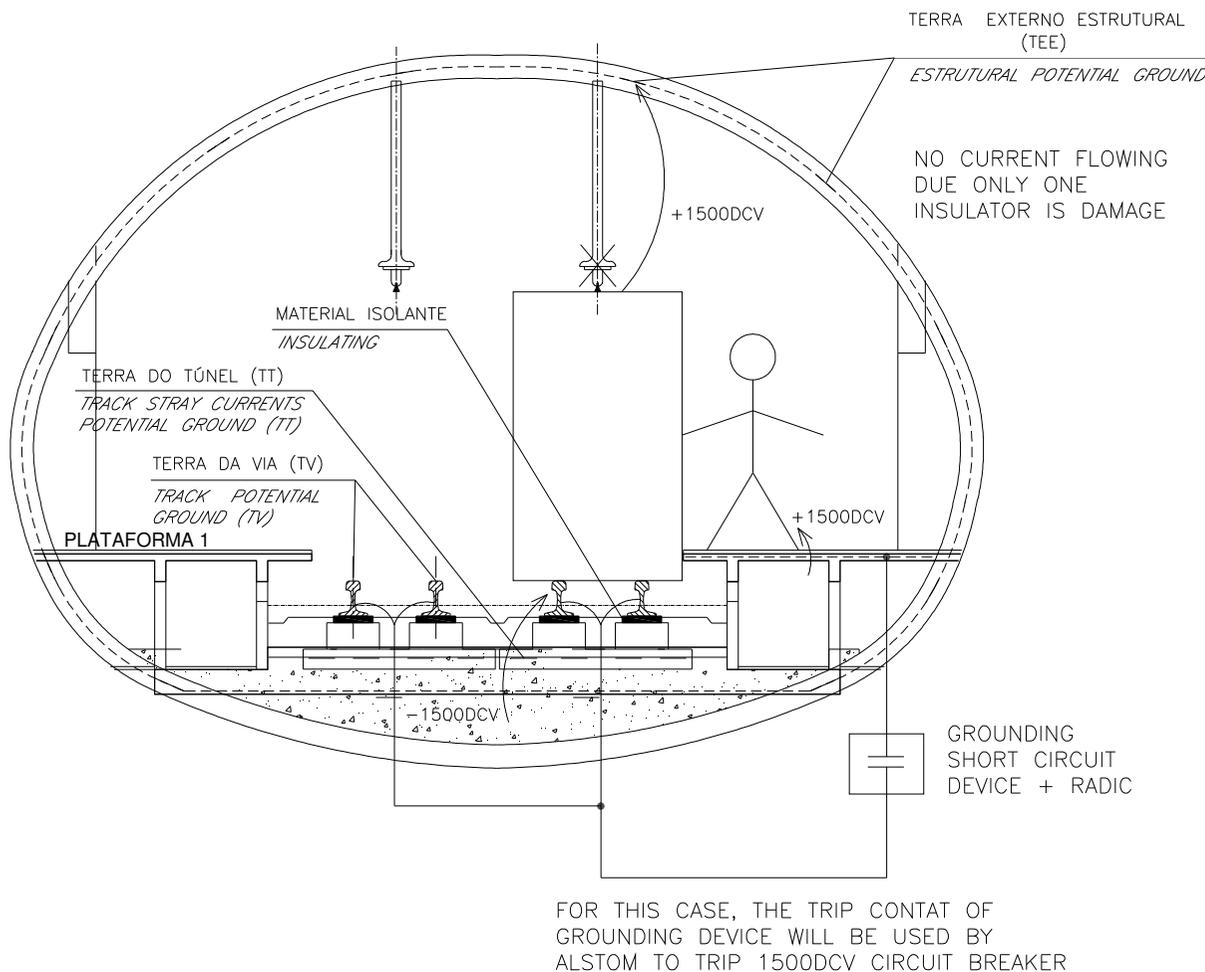
CEI EN 50122-1

- Vcc - Diagramma secondo le norme CEI EN 50122-1
- Funzionamento LBR con relè di protezione c.c.
- Vca - Diagramma secondo le norme CEI EN 50122-1
- Funzionamento LBR con relè di protezione c.a.

# Sistemas de Aterramento, Proteção Contra Descargas Atmosféricas e Contenção de Corrente de Fuga de Tração na Linha 4: Critérios para Definição de Soluções Construtivas

## Critérios para determinação de atuação de curto-circuitador de terra

FAILURE OF ø1 INSULATOR



Dispositivo deveria atuar de forma instantânea em caso de falha de isolamento de positivo.

Exemplo de situação em que a atuação de proteção contra sobretensões acima de 600V detectará falha de isolamento de positivo.

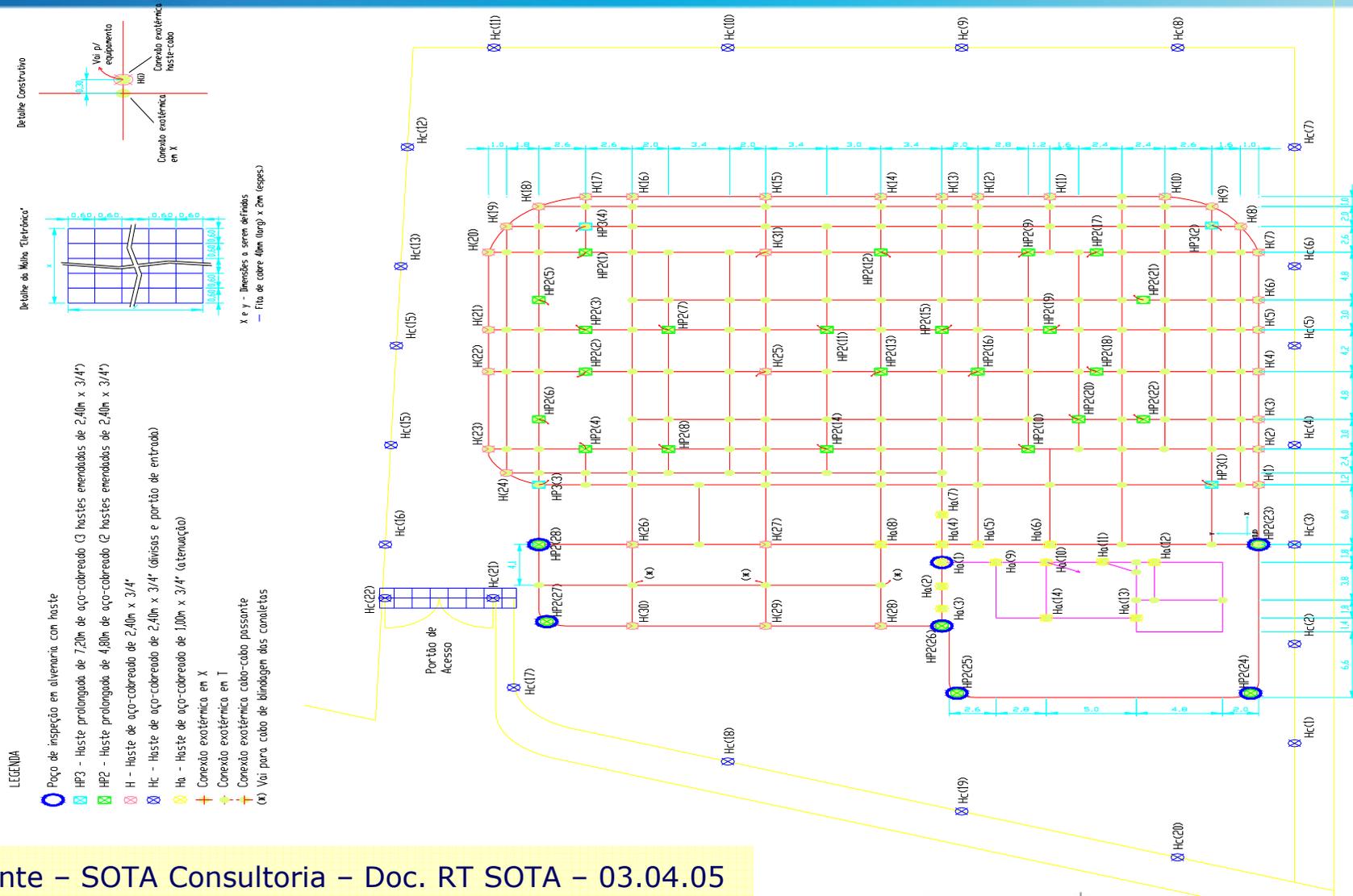
# Sistemas de Aterramento, Proteção Contra Descargas Atmosféricas e Contenção de Corrente de Fuga de Tração na Linha 4: Critérios para Definição de Soluções Construtivas

## Critérios para soluções construtivas em Malha de Terra e SPDA – SE Vital Brasil

Concepção e recomendações principais:

- Malha principal do “outdoor” conectada aos cabos PR da linha da concessionária através de hastes verticais profundas (7,2m) e aos equipamentos de 88/138 kV, condutores superficiais e eletrodos verticais atenuadores (2,4 a 7,2 m).
- “Sub-malha” interna ao edifício de controle e conectada à malha principal em um único ponto, após hastes verticais atenuadoras (casamento de impedância para atenuação de surtos de origem atmosférica e de manobra no 88/138 kV).
  - “Malha de eletrônica” em fitas de cobre, nível do contrapiso da sala de eletrônica do edifício de controle, conectada à “sub-malha” em um único ponto através de cabo isolado (atenuação de surtos de origem atmosférica e de manobra).
- Malha principal, “sub-malha” e “malha de eletrônica” com conexão galvânica, porém visando atenuação progressiva dos surtos de maior energia (malha principal) em direção ao aterramento mais vulnerável (malha de eletrônica).
- Portão de entrada da SE aterrado isoladamente da malha principal, apesar de sua proximidade com a mesma, através de sub-malha dedicada (atenuação de transferência de potencial da tensão de toque na entrada da SE).
- Partes metálicas das divisórias do terreno aterradas isoladamente da malha principal em hastes verticais dedicadas (atenuação de transferência de potencial tensão de toque na divisa da SE).
- Recomendação de troca dos cabos PR da linha da concessionária para outros de menor impedância (coerente com modernização da linha de 88 para 138 kV).
- Malha calculada considerando blindagens metálicas dos cabos de energia de 22 kV em direção a BUT, PIN e CAX seccionadas → cada malha de terra tem que dissipar surtos no próprio local evitando transferência de potenciais.

# Sistemas de Aterramento, Proteção Contra Descargas Atmosféricas e Contenção de Corrente de Fuga de Tração na Linha 4: Critérios para Definição de Soluções Construtivas



Fonte – SOTA Consultoria – Doc. RT SOTA – 03.04.05



AEAMESP



## Sistemas de Aterramento, Proteção Contra Descargas Atmosféricas e Contenção de Corrente de Fuga de Tração na Linha 4: Critérios para Definição de Soluções Construtivas

Nota: figuras e tabelas extraídas de documentos gerados no projeto executivo da Linha 4.

Agradecimentos pelos ensinamentos e apoio:

Ao Mestre, Engenheiro e Professor Carlos Alberto Sotille,

Ao Engenheiro Clotero Sudano Jr.,

Aos colegas da Alstom TGS Brasil.



AEAMESP

14ª Semana de  
Tecnologia  
Metroferroviária  
2008

[www.alstom.com](http://www.alstom.com)

**ALSTOM**