

---

## SISTEMA DE DESENVOLVIMENTO DE SISTEMAS DE DISTRIBUIÇÃO

### SUBSISTEMA NORMAS E ESTUDOS DE MATERIAIS E EQUIPAMENTOS DE DISTRIBUIÇÃO

---

CÓDIGO	TÍTULO	FOLHA
I-313.0013	ATERRAMENTO DE REDES DE DISTRIBUIÇÃO	1/52

---

#### 1. FINALIDADE

Fixar os valores, padronizar os materiais e definir os critérios a serem utilizados nos aterramentos do sistema de distribuição da Celesc Distribuição S.A. – Celesc D.

#### 2. ÂMBITO DE APLICAÇÃO

Aplica-se a toda Celesc D, empreiteiras e demais órgãos usuários.

#### 3. ASPECTOS LEGAIS

A presente Instrução Normativa está de acordo com as recomendações descritas nas normas abaixo relacionadas.

- a) E-313.0007 – Ferragens e Acessórios Metálicos de Distribuição;
- b) E-313.0032 – Especificação de Condutores de Cobre Nu;
- c) E-313.0036 – Conectores de Derivação, Emendas, Terminais e Acessórios para Conexões;
- d) NE-109E – Cabo Mensageiro Rede Compacta;
- e) NE-127E – Condutores Bimetálicos Aço-Cobre para Uso na Rede Elétrica – Especificação;
- f) NE-186E – Cabos para Barramento de TD e Flexível para PR;

- g) NBR 13571 – Haste de Aterramento Aço-Cobreada e Acessórios – Especificação;
- h) NBR 16254-1 – Materiais para Sistemas de Aterramento – Parte 1: Requisitos Gerais;
- i) NBR 15749 – Medição de Resistência Aterramento e de Potenciais na Superfície do Solo em Sistemas de Aterramento;
- j) NBR 16527 – Aterramento para Sistemas de Distribuição.

#### 4. CONCEITOS BÁSICOS

Os termos técnicos utilizados, quando não definidos explicitamente neste documento normativo, seguem as definições das normas brasileiras aplicáveis.

#### 5. PROCEDIMENTOS GERAIS

##### 5.1. Considerações Gerais

Para redes de distribuição trifásicas, o sistema de aterramento adotado pela Celesc D é o sistema trifásico com neutro secundário contínuo. Nesse sistema, o neutro da baixa tensão interliga todos os transformadores de distribuição e equipamentos de um determinado alimentador, e, se necessário, pode interliga o neutro de outros alimentadores. No sistema trifásico com neutro contínuo, o neutro não é interligado à malha de aterramento da subestação.

Para determinação dos critérios de projeto do sistema com neutro contínuo, foram consideradas extensões de neutro contínuo conforme as tabelas do Anexo 7.1. Quando a quantidade de aterramentos a ser instalada por quilometro se tornar excessiva, será necessária solução alternativa para o aterramento da rede. Nesse caso, adota-se o sistema trifásico com neutro secundário descontínuo, no qual o neutro da baixa tensão não é interligado aos aterramentos dos transformadores e equipamentos, que devem ser locais e autossuficientes.

Para redes monofásicas, adota-se o sistema monofilar com retorno por terra, no qual um único condutor fase alimenta um ou mais transformadores de distribuição. O retorno da corrente é realizado pelo solo, por meio de aterramentos locais e autossuficientes.

Para a medição dos valores de resistência dos aterramentos, deve-se adotar a metodologia apresentada no Anexo 7.2.

Os padrões construtivos e os diagramas de aterramento estão apresentados no subitem 5.5.

## 5.2. Redes Trifásicas com Neutro Secundário Contínuo

No sistema trifásico com neutro secundário contínuo, para garantir a efetividade do sistema de aterramento, é necessário que a resistência de aterramento equivalente se situe entre 0,1 a 0,3  $\Omega$ . Para isso, deve-se instalar aterramentos cujos valores de resistência e quantidade para cada quilômetro de rede estejam de acordo com as tabelas do Anexo 7.1.

Esses aterramentos devem ser compostos por 5 hastes alinhadas e obrigatoriamente estar conectados ao neutro contínuo. Doravante serão denominados “aterramentos padrão”.

Todos os equipamentos (transformadores, equipamentos especiais e para-raios) devem ser aterrados localmente por um aterramento padrão.

Deve-se evitar ao máximo a instalação de transformadores monofásico em redes trifásicas. No entanto, se a instalação for necessária, o aterramento da carcaça e a bucha de neutro da baixa tensão devem ser interligados ao neutro contínuo, e o transformador deve ser aterrado por um aterramento padrão (ver inciso 5.5.15.).

Em todo fim de rede primária, deve ser instalado um conjunto de para-raios aterrado por meio de um aterramento padrão.

Todos os neutros dos circuitos de baixa tensão devem ser interligados.

O neutro deve ser aterrado em todo fim de rede secundária. Nesse caso, a exigência do valor de aterramento padrão é dispensada, sendo suficiente o uso de uma única haste.

Nos vãos que não possuem circuitos de baixa tensão, devem ser instalados cabos para garantir a continuidade do neutro. Esses cabos devem ter bitola mínima de 2 CA ou CAA, 35 mm<sup>2</sup> CS ou 25 mm<sup>2</sup> CU. Os cabos messageiros podem ser utilizados para manter a continuidade do neutro.

Cabos messageiros das redes compactas devem ser aterrados a cada 200 metros, nas estruturas de transição, nos aterramentos padrão e nos finais de rede.

Os estais devem ser aterrados por meio da conexão com o neutro contínuo.

As blindagens metálicas nas terminações dos cabos subterrâneos em transições aéreo-subterrâneas devem ser aterradas conectando-as ao aterramento padrão do para-raios.

Após a localização dos aterramentos realizados conforme as recomendações acima, devem ser

alocadas, se necessário, os demais aterramentos determinados nas tabelas do Anexo 7.1.

### 5.3. Redes Trifásicas com Neutro Secundário Descontínuo

Para as redes de distribuição com o neutro secundário descontínuo, o neutro da baixa tensão não interliga os aterramentos dos equipamentos e transformadores. Nesse caso, devido à inviabilidade de compatibilizar as tensões que podem ser transferidas pelo neutro para as entradas dos consumidores supridos em baixa tensão, com os limites de suportabilidade, é necessária a instalação de aterramentos independentes para os equipamentos da média tensão e para o neutro da rede secundária.

Todos os equipamentos (transformadores, equipamentos especiais e para-raios) devem possuir aterramentos independentes compostos de, no mínimo, 5 hastes alinhadas, cuja resistência de aterramento não poderá ultrapassar 25 Ohms em qualquer época do ano.

O aterramento da rede secundária deve ser independente e isolado do aterramento da rede primária, devendo estar a uma distância mínima de 30 metros dos aterramentos da média tensão.

Para a rede secundária devem ser providos aterramentos compostos de hastes alinhadas:

- a) localizados a um vão dos pontos de instalação de transformador (três hastes alinhadas);
- b) a intervalos de até 150 metros (três hastes alinhadas);
- c) em todo fim de rede secundária (uma haste).

Cabos mensageiros das redes compactas devem ser aterrados a cada 200 metros, nas estruturas de transição, nos aterramentos da rede primários e nos finais de rede.

As blindagens metálicas nas terminações dos cabos subterrâneos em transições aéreo-subterrâneas devem ser aterradas conectando-as ao aterramento padrão do para-raios.

Os estais em rede deverão ser isolados ou efetivamente aterrados (resistência máxima de 25 Ohms).

### 5.4. Redes Monofásicas com Retorno por Terra (MRT)

Sistemas MRT são compostos por um único condutor fase que alimenta um ou mais transformadores de distribuição, em que o retorno da corrente é feito pelo solo.

As correntes das cargas dos transformadores passam necessária e continuamente pelos aterramentos; portanto, estes devem ser executados de forma criteriosa, envolvendo medições de resistência de aterramento e acompanhamento periódico.

Em cada instalação transformadora, são realizados dois aterramentos distintos. No aterramento denominado “aterramento primário”, interligam-se a carcaça do transformador e o para-raios nele instalado. O outro aterramento, denominado “aterramento secundário”, destina-se exclusivamente à conexão do neutro do circuito de baixa tensão ou do padrão de entrada do consumidor.

Nas proximidades do aterramento primário, os gradientes de tensão no solo devem ser mantidos suficientemente baixos, a fim de evitar riscos à vida de pessoas e animais. Por isso, os valores máximos de resistência de aterramento primário para os transformadores MRT devem estar de acordo com a Tabela 1, em qualquer época do ano:

**Tabela 1: Resistências máximas de aterramento para transformadores em MRT**

Potência (kVA)	Resistencia máxima ( $\Omega$ )		
	15 kV	25 kV	35 kV
5	25	-	-
10	21,2	25	25
15	14,2	23,7	25
25	8,5	14,2	-
37,5	5,7	9,5	-
50	4,2	7,1	-

Os aterramentos primários dos transformadores monofásicos devem ter, no mínimo, 5 hastes alinhadas. Após a instalação do conjunto, deve-se medir a resistência de aterramento e compará-la com os valores da Tabela 1. Se o valor encontrado estiver acima do permitido, deve-se instalar outro conjunto de 5 hastes conforme descrito no parágrafo a seguir.

Para transformadores com potência superior a 25 kVA, o aterramento primário deve consistir, no mínimo, em dois conjuntos de 5 hastes alinhadas (totalizando 10 hastes), afastados pelo menos 25 metros um do outro. Após a instalação do conjunto de aterramento, deve-se medir a resistência de aterramento e compará-la com os valores da Tabela 1.

Para determinação dos critérios dos dois parágrafos anteriores, considerou-se uma resistividade do solo de 500  $\Omega$ .m.

Caso ainda não se obtenha valores aceitáveis de resistência de aterramento, deve-se instalar o transformador em um local onde o solo possua uma resistividade menor ou elaborar um projeto específico de aterramento, conforme NBR 16527/2016.

Para garantir maior confiabilidade na manutenção da ligação à terra do sistema, deve-se confeccionar uma segunda prumada, conectada ao condutor de aterramento proveniente do transformador. Essa prumada deve passar internamente pelo poste, no caso de postes de concreto circular, ou ser protegida por eletroduto de PVC rígido de 3/4" no caso de postes duplo T. Para minimizar o risco de furto, recomenda-se a utilização de postes de concreto circular para a instalação de transformadores monofásicos em sistemas MRT.

O condutor neutro deve ser contínuo entre o transformador e as instalações consumidoras. No entanto, deve-se tomar o cuidado para não vinculá-lo ao aterramento do poste do transformador, mas sim ao do poste de medição.

Os aterramentos secundários devem ser compostos por uma única haste, independentemente de seu valor ôhmico, e devem estar afastados 30 metros dos aterramentos dos transformadores.

Por questões de segurança, o poste de medição da unidade consumidora deve estar a uma distância mínima de 30 metros do aterramento do poste do transformador. Essa medida evita o aparecimento de tensões no aterramento da unidade consumidora. Recomenda-se, portanto, a instalação de um vão rede de baixa tensão para garantir o afastamento necessário entre os aterramentos.

No caso de substituição de equipamentos, o aterramento existente deve ser medido e comparado com os valores máximos permitidos para o novo transformador. Se o valor encontrado for superior ao permitido, o aterramento deve ser refeito.

Os para-raios em rede MRT devem possuir aterramentos independentes (não conectados ao neutro), compostos de, no mínimo, 5 hastes, cuja resistência de aterramento não poderá ultrapassar 25 Ohms em qualquer época do ano.

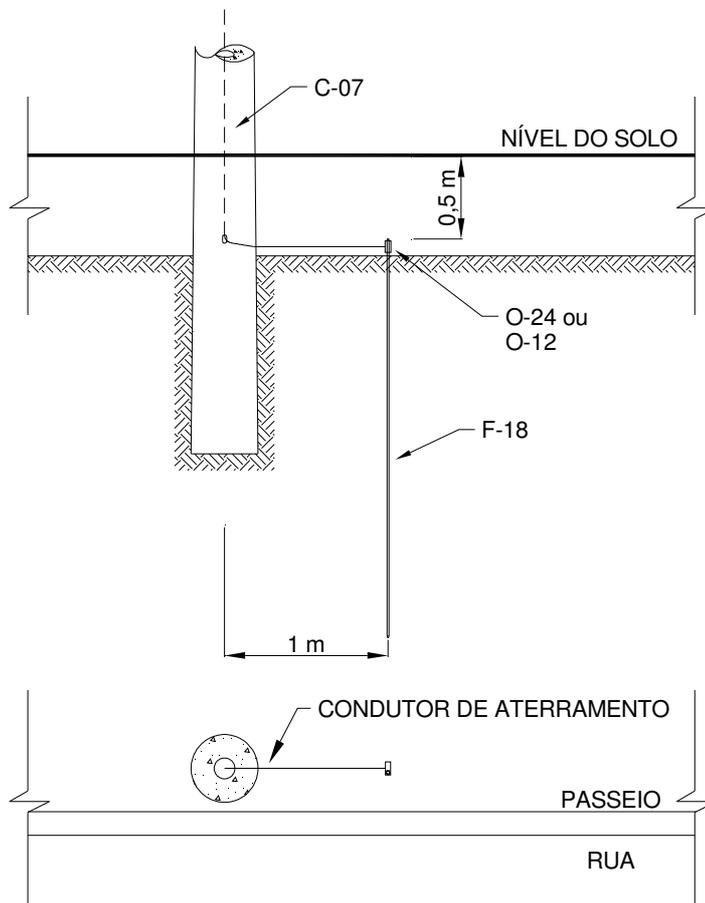
Os cabos de guarda devem ser aterrados ao longo da rede a cada 200 metros por aterramentos independentes (não conectado ao neutro), compostos de uma haste. Eles também devem ser conectados ao aterramento dos para-raios e transformadores.

Os estais em rede MRT devem ser isolados ou efetivamente aterrados, com uma resistência máxima de 25 Ohms.

Evitar a instalação de aterramentos em lavouras, pastagens e afins, pois os arados utilizados no cultivo podem romper os cabos do aterramento, gerando potenciais de passo e toque perigosos.

5.5. Padrões de Montagem de Aterramento

5.5.1. Aterramento Simples com uma Haste

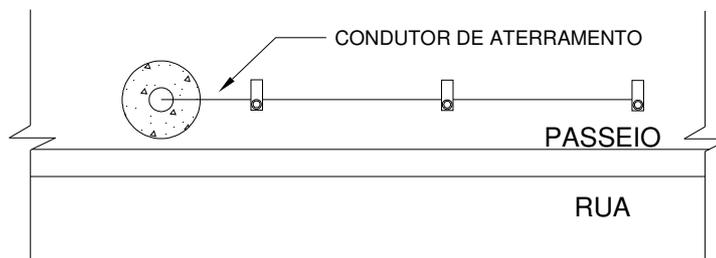
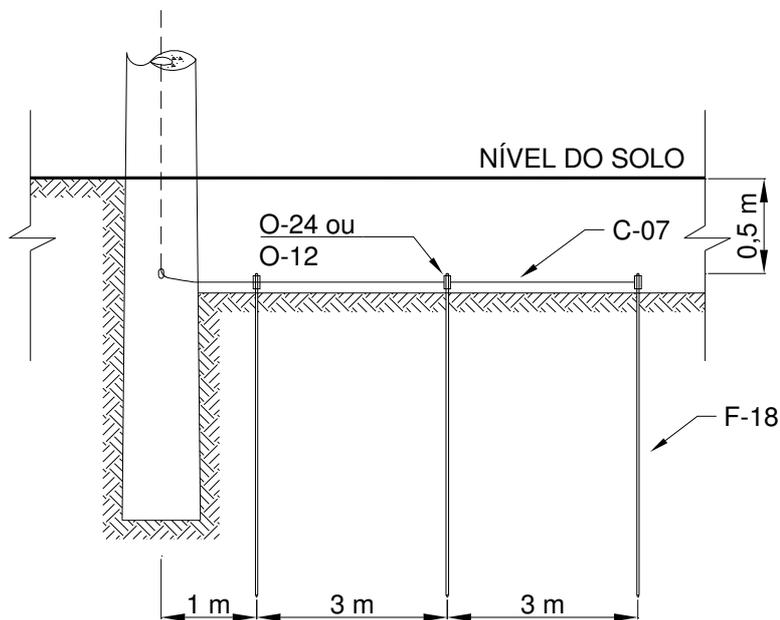


Notas:

1 – O cabo de cobre nu de 25 mm<sup>2</sup> pode ser substituído pelo cabo de aço-cobre 35 mm<sup>2</sup> 53% IACS.

Lista de materiais					
Item	Quant.	Descrição	Item	Quant.	Descrição
C-07	–	Cabo de cobre nu 25 mm <sup>2</sup>	O-24 ou O-12	1	Conector para haste de aterramento ou conector de aterramento a compressão tipo G.
F-18	1	Haste de aterramento aço-cobre			

5.5.2. Aterramento com 3 Hastes Alinhadas

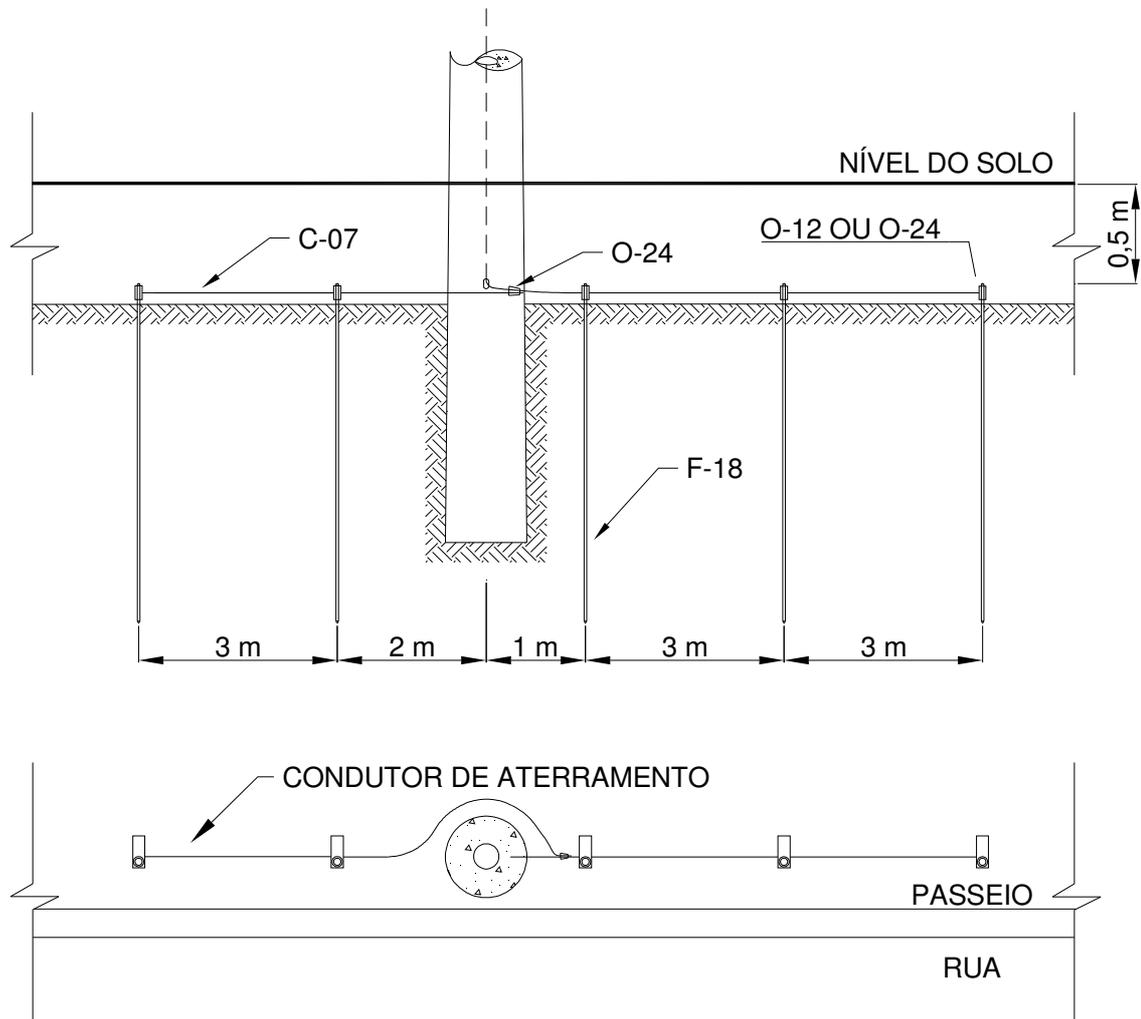


Notas:

1 – O cabo de cobre nu de 25 mm<sup>2</sup> pode ser substituído pelo cabo de aço-cobre 35 mm<sup>2</sup> 53% IACS.

Lista de materiais					
Item	Quant.	Descrição	Item	Quant.	Descrição
C-07	–	Cabo de cobre nu 25 mm <sup>2</sup>	O-24 ou O-12	1	Conector para haste de aterramento ou conector de aterramento a compressão tipo G.
F-18	1	Haste de aterramento aço-cobre			

### 5.5.3. Aterramento com 5 Hastes Alinhadas (Opção 1)

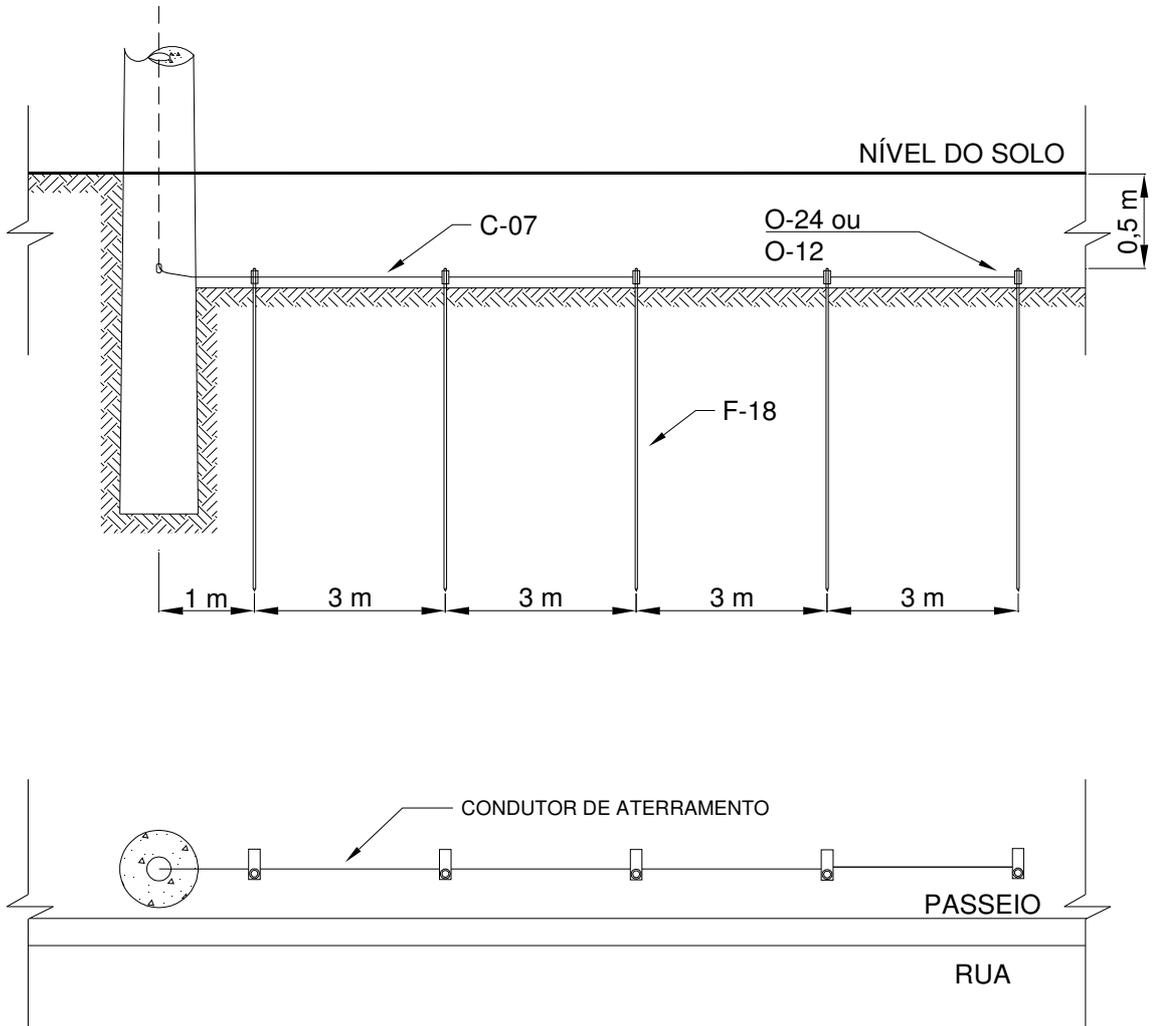


Notas:

1 – O cabo de cobre nu de 25 mm<sup>2</sup> pode ser substituído pelo cabo de aço-cobre 35 mm<sup>2</sup> 53% IACS.

Lista de materiais					
Item	Quant.	Descrição	Item	Quant.	Descrição
C-07	-	Cabo de cobre nu 25 mm <sup>2</sup>	O-24 ou O-12	5	Conector para haste de aterramento ou conector de aterramento a compressão tipo G
F-18	5	Haste de aterramento aço-cobre	O-24	1	conector de aterramento a compressão tipo C

5.5.4. Aterramento com 5 Hastes Alinhadas (Opção 2)

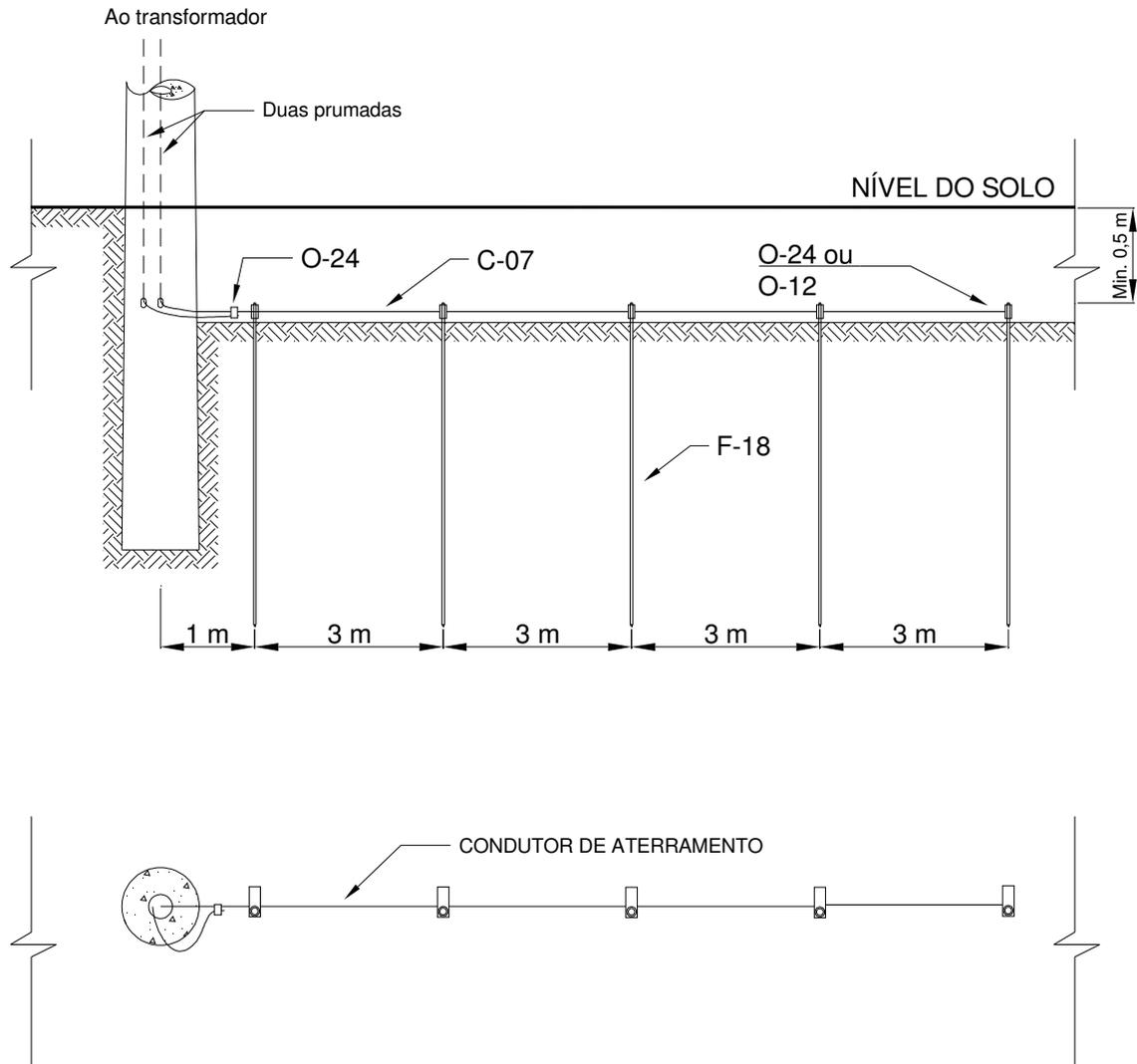


Notas:

1 – O cabo de cobre nu de 25 mm<sup>2</sup> pode ser substituído pelo cabo de aço-cobre 35 mm<sup>2</sup> 53% IACS.

Lista de materiais					
Item	Quant.	Descrição	Item	Quant.	Descrição
C-07	–	Cabo de cobre nu 25 mm <sup>2</sup>	O-24 ou O-12	5	Conector para haste de aterramento ou conector de aterramento a compressão tipo G.
F-18	5	Haste de aterramento aço-cobre			

5.5.5. Aterramento com 5 Hastes Alinhadas para Transformadores MRT

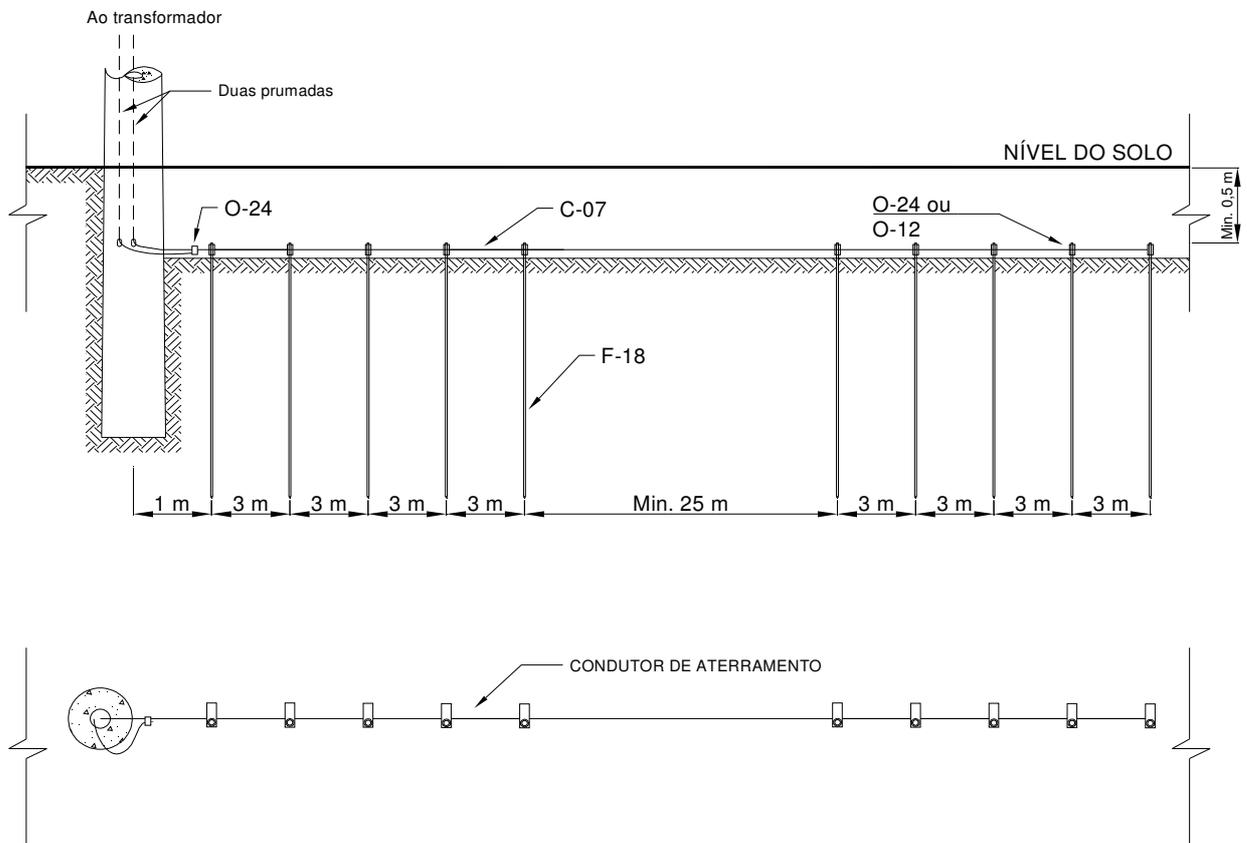


Notas:

1 – O cabo de cobre nu de 25 mm<sup>2</sup> pode ser substituído pelo cabo de aço-cobre 35 mm<sup>2</sup> 53% IACS.

Lista de materiais					
Item	Quant.	Descrição	Item	Quant.	Descrição
C-07	-	Cabo de cobre nu 25 mm <sup>2</sup>	O-24 ou O-12	5	Conector para haste de aterramento ou conector de aterramento a compressão tipo G
F-18	5	Haste de aterramento aço-cobre	O-24	1	Conector de aterramento a compressão tipo C

5.5.6. Aterramento com 10 Hastes Alinhadas para Transformadores MRT

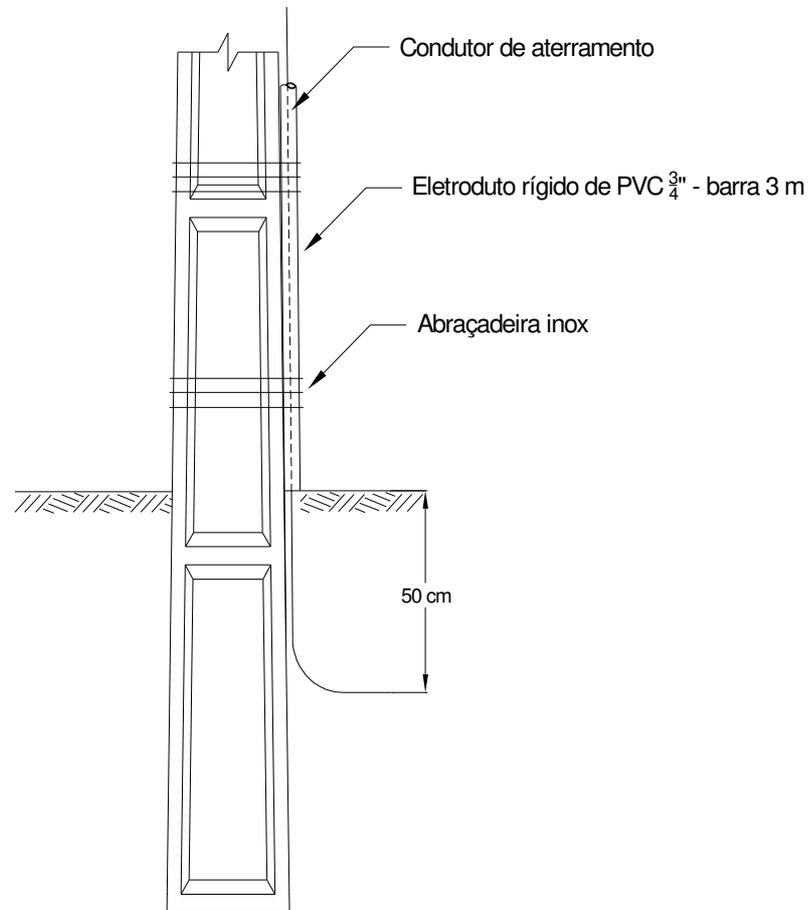


Notas:

1 – O cabo de cobre nu de 25 mm<sup>2</sup> pode ser substituído pelo cabo de aço-cobre 35 mm<sup>2</sup> 53% IACS.

Lista de materiais					
Item	Quant.	Descrição	Item	Quant.	Descrição
C-07	–	Cabo de cobre nu 25 mm <sup>2</sup>	O-24 ou O-12	10	Conector para haste de aterramento ou conector de aterramento a compressão tipo G
F-18	10	Haste de aterramento aço-cobre	O-24	1	Conector de aterramento a compressão tipo C

### 5.5.7. Descida do Condutor de Aterramento por Fora do Poste

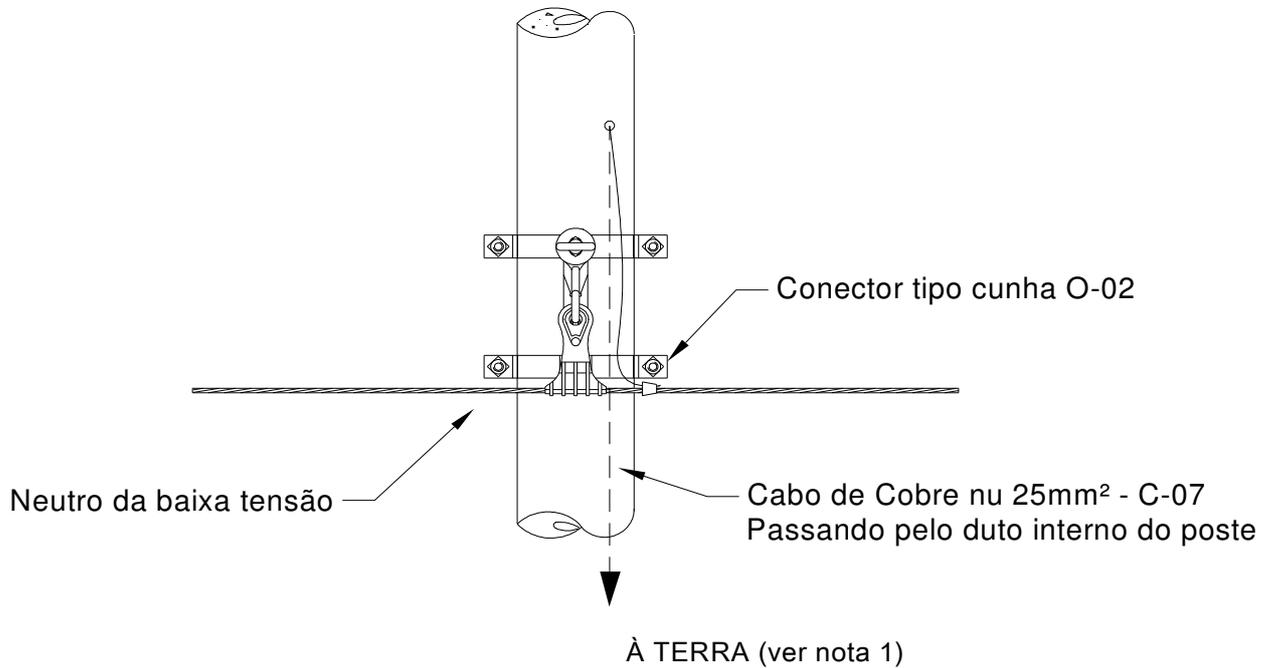


Notas:

1 – Utilizado para segunda prumada em transformadores monofásicos instalados em postes do tipo duplo T.

Lista de materiais					
Item	Quant.	Descrição	Item	Quant.	Descrição
1	1	Eletroduto PVC $\frac{3}{4}$ pol. 3m	2	3	Abraçadeira inox

### 5.5.8. Aterramento do Neutro da Baixa Tensão

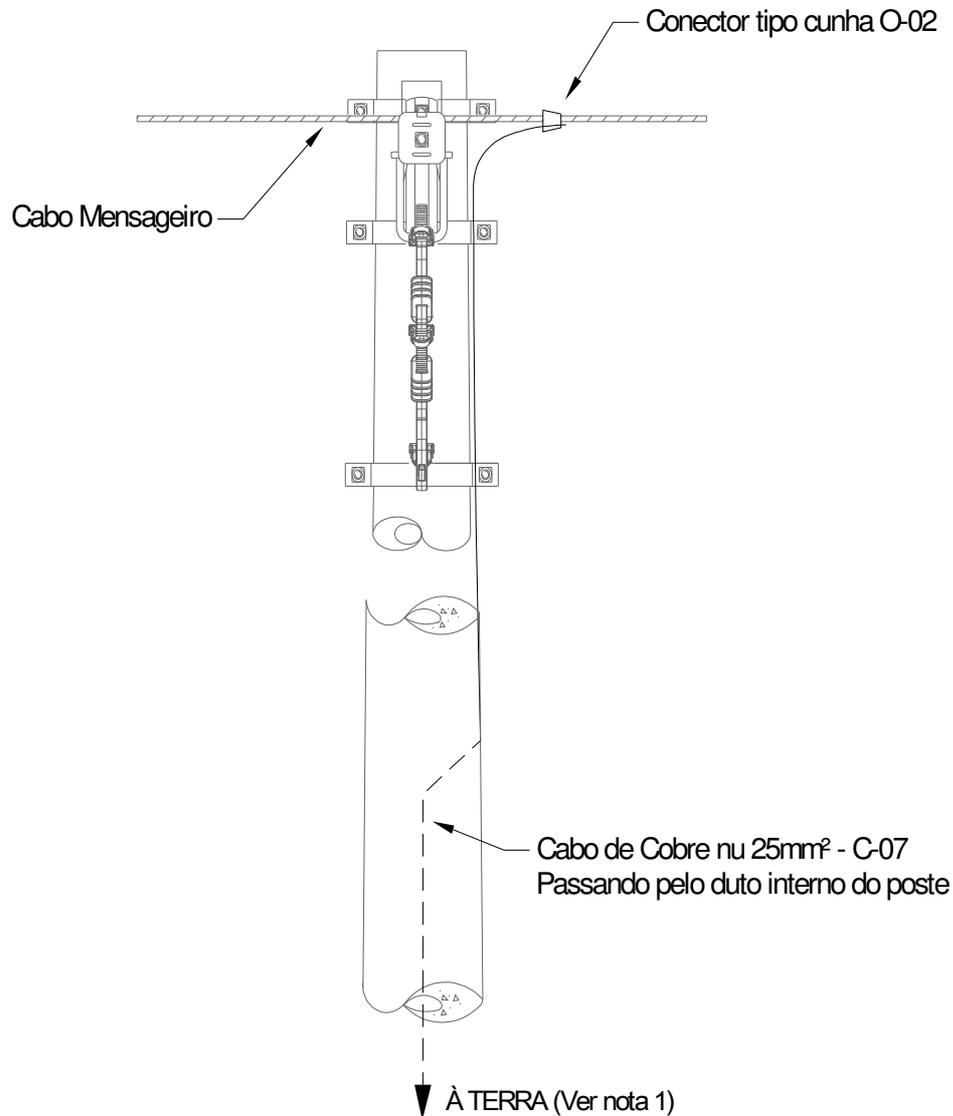


Notas:

1 – Conforme critérios dos subitens 5.2., 5.3. e 5.4.;

2 – O cabo de cobre nu de 25 mm<sup>2</sup> pode ser substituído pelo cabo de aço-cobre 35 mm<sup>2</sup> 53% IACS.

Lista de materiais					
Item	Quant.	Descrição	Item	Quant.	Descrição
C-07	–	Cabo de cobre nu 25 mm <sup>2</sup>	O-02	1	Conector cunha ramal

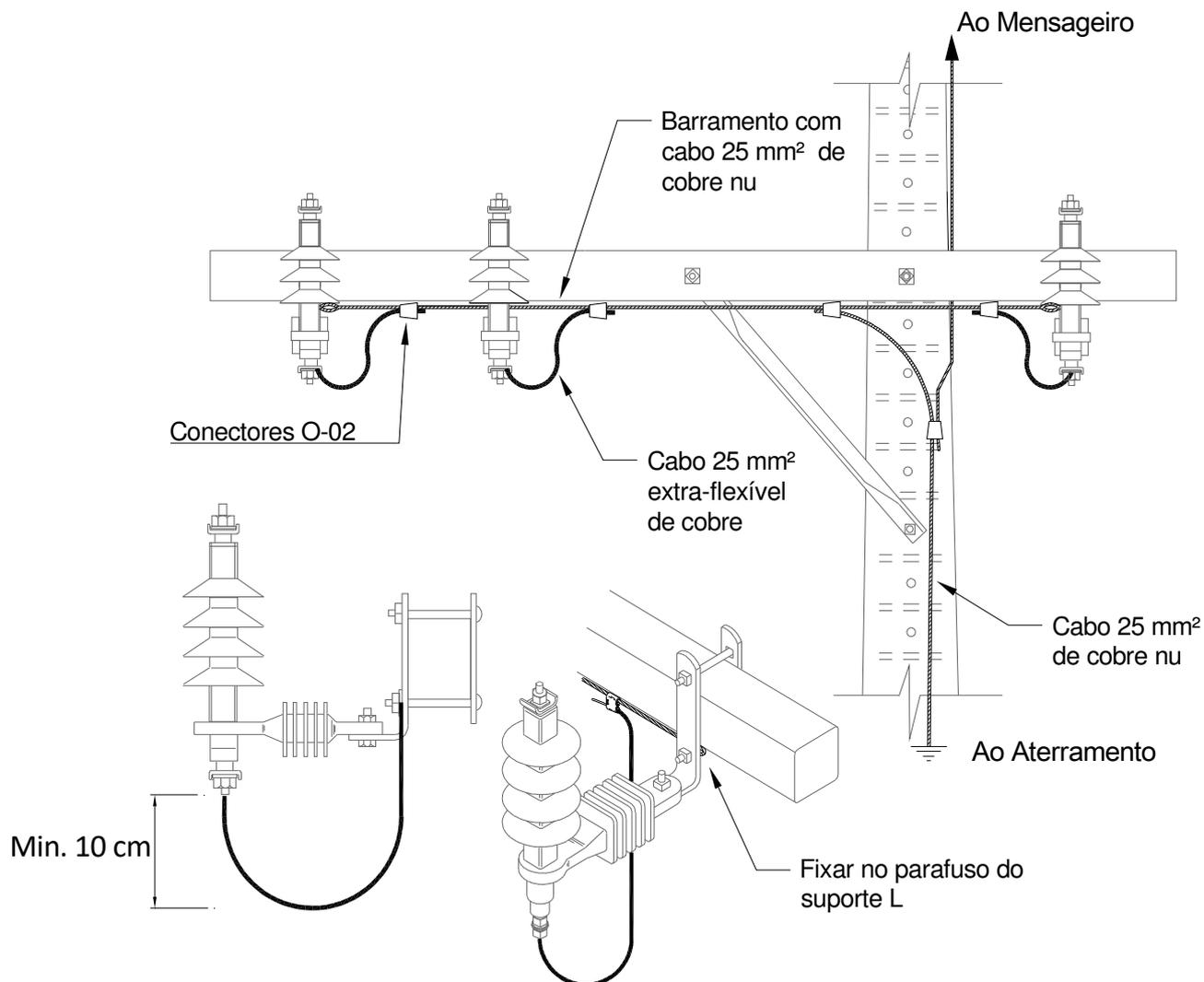
**5.5.9. Aterramento de Cabo Mensageiro**


Notas:

1 – Conforme critérios dos subitens 5.2. 5.3. e 5.4.;

2 – O cabo de cobre nu de 25 mm<sup>2</sup> pode ser substituído pelo cabo de aço-cobre 35 mm<sup>2</sup> 53% IACS.

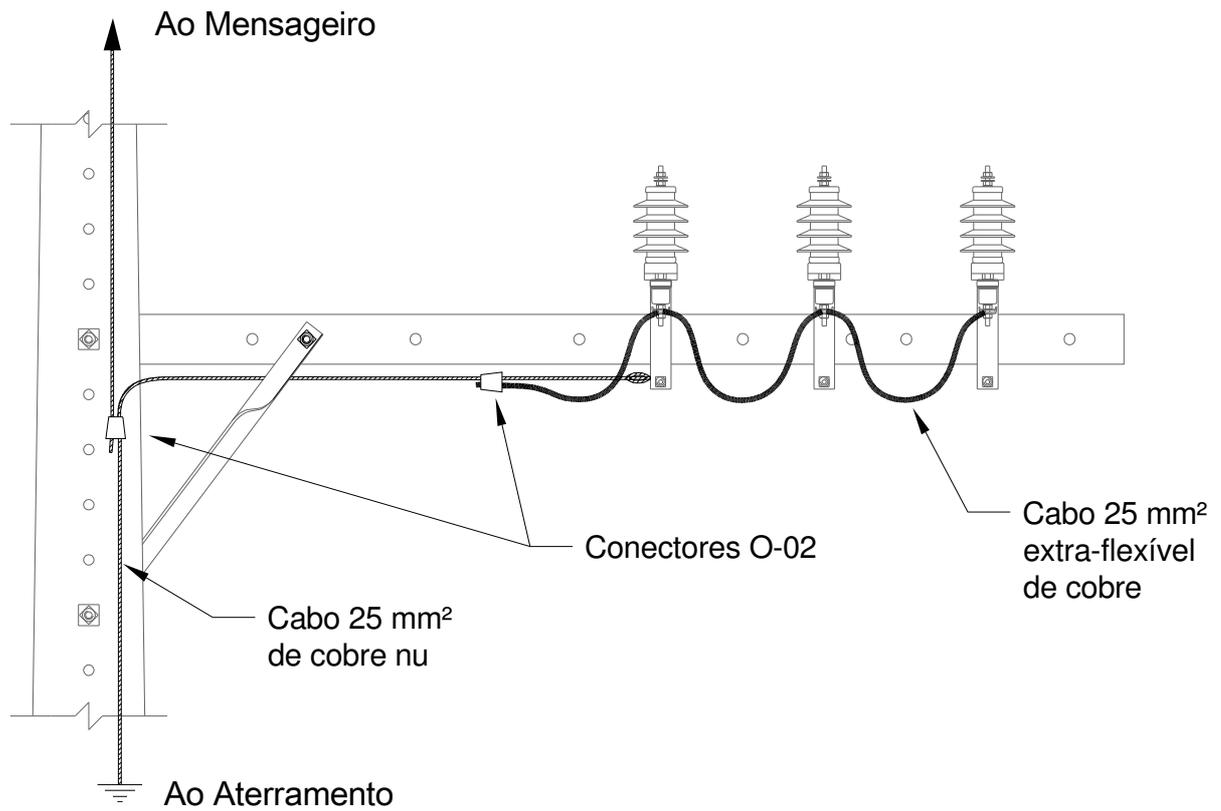
Lista de materiais					
Item	Quant.	Descrição	Item	Quant.	Descrição
C-07	-	Cabo de cobre nu 25 mm <sup>2</sup>	O-02	1	Conector cunha ramal

5.5.10. Aterramento de Para-Raios


Notas:

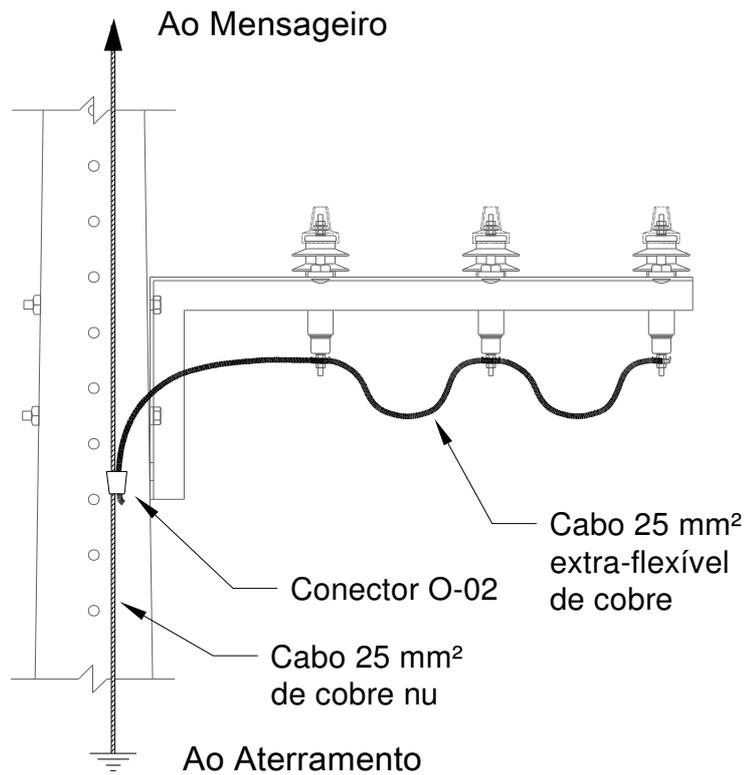
- 1 – Aterrar o conjunto de para-raios conforme critérios dos subitens 5.2. e 5.3.;
- 2 – O cabo de cobre nu de 25 mm<sup>2</sup> pode ser substituído pelo cabo de aço-cobre 35 mm<sup>2</sup> 53% IACS.

Lista de materiais					
Item	Quant.	Descrição	Item	Quant.	Descrição
C-06	–	Cabo extra-flexível de cobre 25 mm <sup>2</sup>	O-02	5	Conector cunha ramal
C-07	–	Cabo de cobre nu 25 mm <sup>2</sup>			


**Notas:**

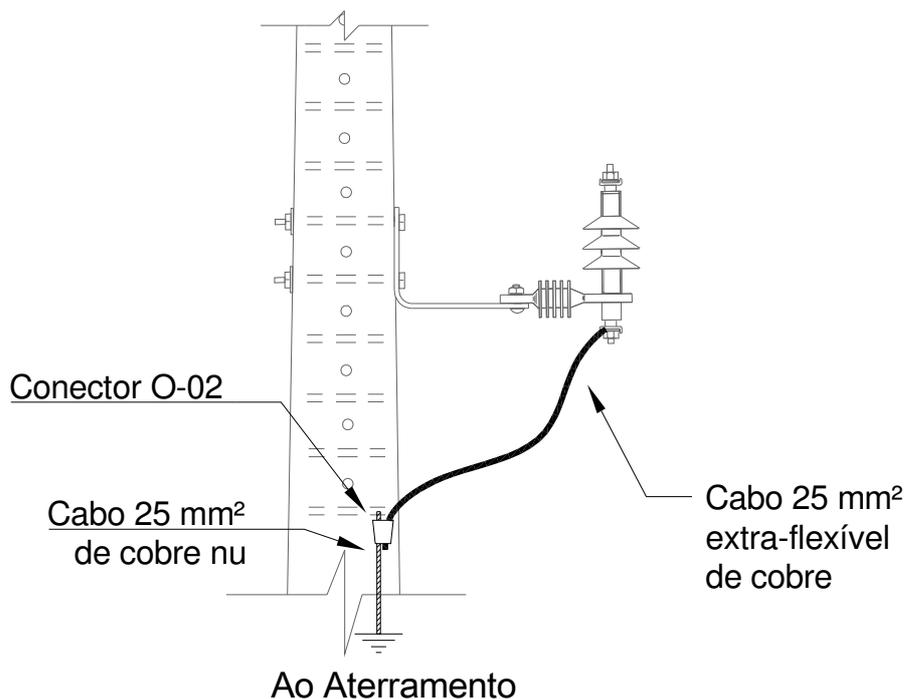
- 1 – Aterrar o conjunto de para-raios conforme critérios dos subitens 5.2. e 5.3.;
- 2 – O cabo de cobre nu de 25 mm<sup>2</sup> pode ser substituído pelo cabo de aço-cobre 35 mm<sup>2</sup> 53% IACS.

Lista de materiais					
Item	Quant.	Descrição	Item	Quant.	Descrição
C-06	–	Cabo extra-flexível de cobre 25 mm <sup>2</sup>	O-02	2	Conector cunha ramal
C-07	–	Cabo de cobre nu 25 mm <sup>2</sup>			


**Notas:**

- 1 – Aterrar o conjunto de para-raios conforme critérios dos subitens 5.2. e 5.3.;
- 2 – O cabo de cobre nu de 25 mm<sup>2</sup> pode ser substituído pelo cabo de aço-cobre 35 mm<sup>2</sup> 53% IACS.

<b>Lista de materiais</b>					
<b>Item</b>	<b>Quant.</b>	<b>Descrição</b>	<b>Item</b>	<b>Quant.</b>	<b>Descrição</b>
C-06	–	Cabo extra-flexível de cobre 25 mm <sup>2</sup>	O-02	1	Conector cunha ramal
C-07	–	Cabo de cobre nu 25 mm <sup>2</sup>			

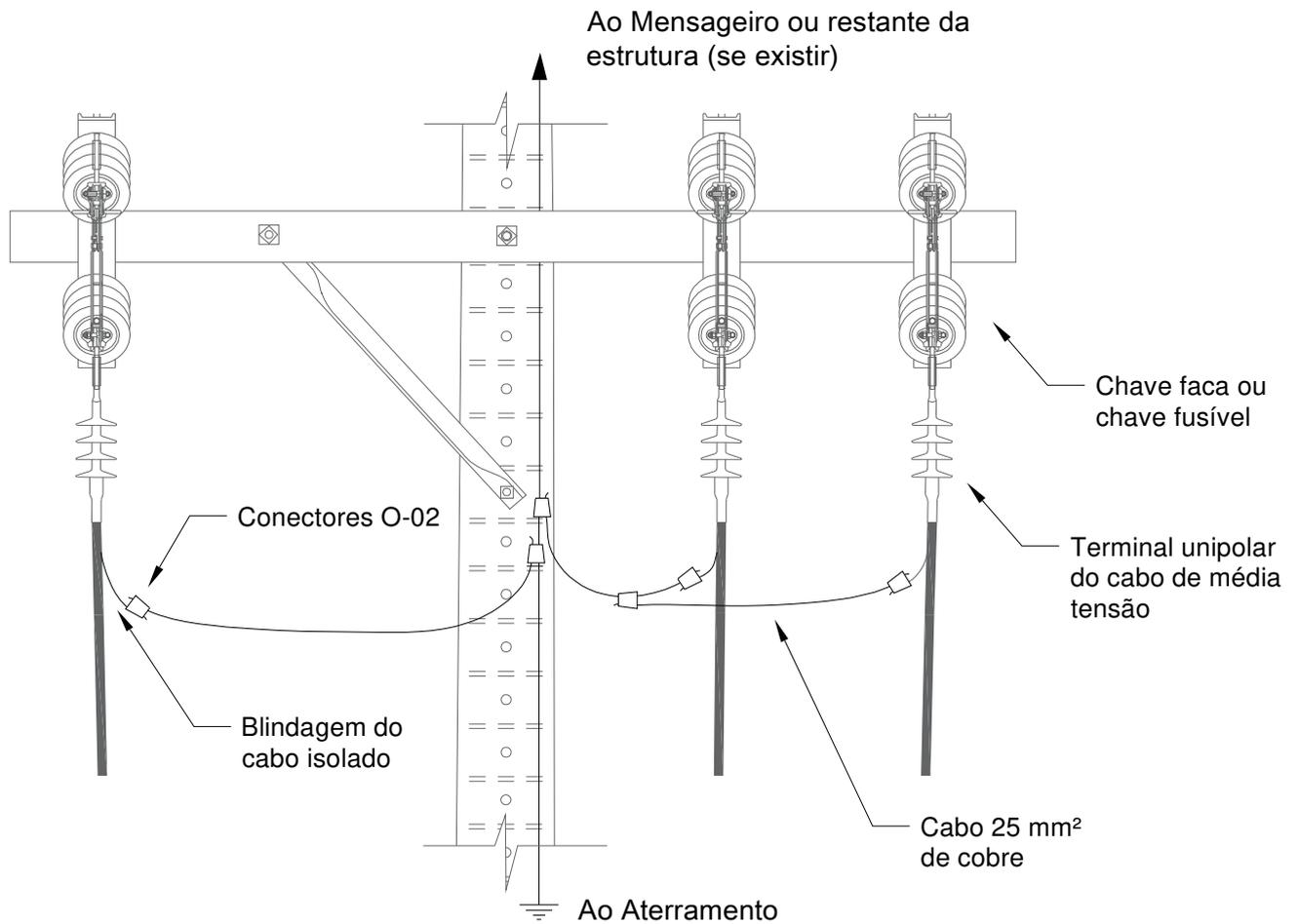

**Notas:**

1 – Aterrar o para-raios conforme critérios do subitem 5.4.;

 2 – O cabo de cobre nu de 25 mm<sup>2</sup> pode ser substituído pelo cabo de aço-cobre 35 mm<sup>2</sup> 53% IACS.

Lista de materiais					
Item	Quant.	Descrição	Item	Quant.	Descrição
C-06	–	Cabo extra-flexível de cobre 25 mm <sup>2</sup>	O-02	1	Conector cunha ramal
C-07	–	Cabo de cobre nu 25 mm <sup>2</sup>			

### 5.5.11. Aterramento de Terminal Unipolar de Cabo Isolado de média Tensão

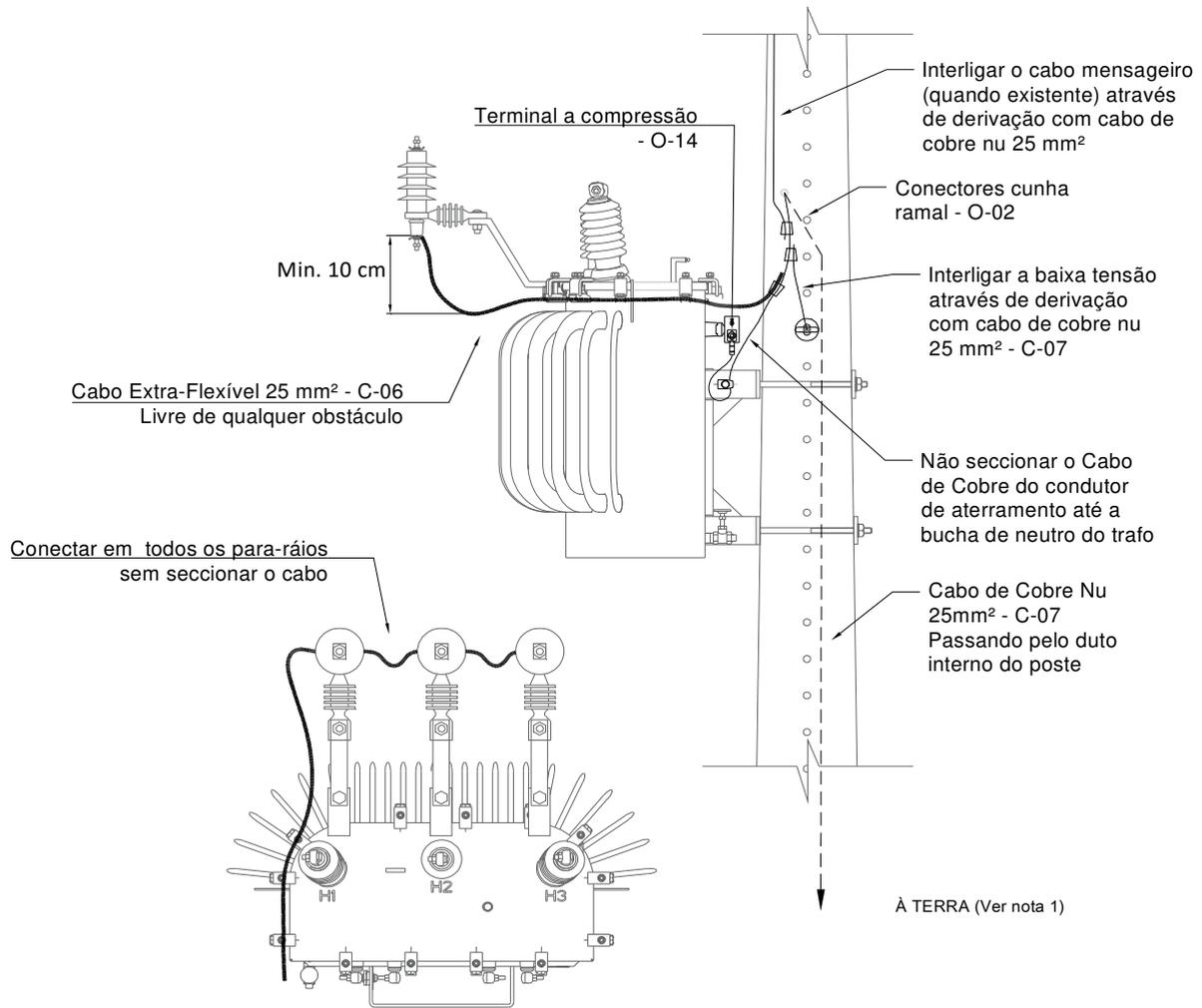


Notas:

- 1 – Aterrar juntamente com o conjunto de para-raios conforme critérios dos subitens 5.2. e 5.3.;
- 2 – O cabo de cobre nu de 25 mm<sup>2</sup> pode ser substituído pelo cabo de aço-cobre 35 mm<sup>2</sup> 53% IACS.

Lista de materiais					
Item	Quant.	Descrição	Item	Quant.	Descrição
C-07	–	Cabo de cobre nu 25 mm <sup>2</sup>	O-02	6	Conector cunha ramal

5.5.12. Aterramento de Transformador Trifásico em Sistemas com Neutro Contínuo



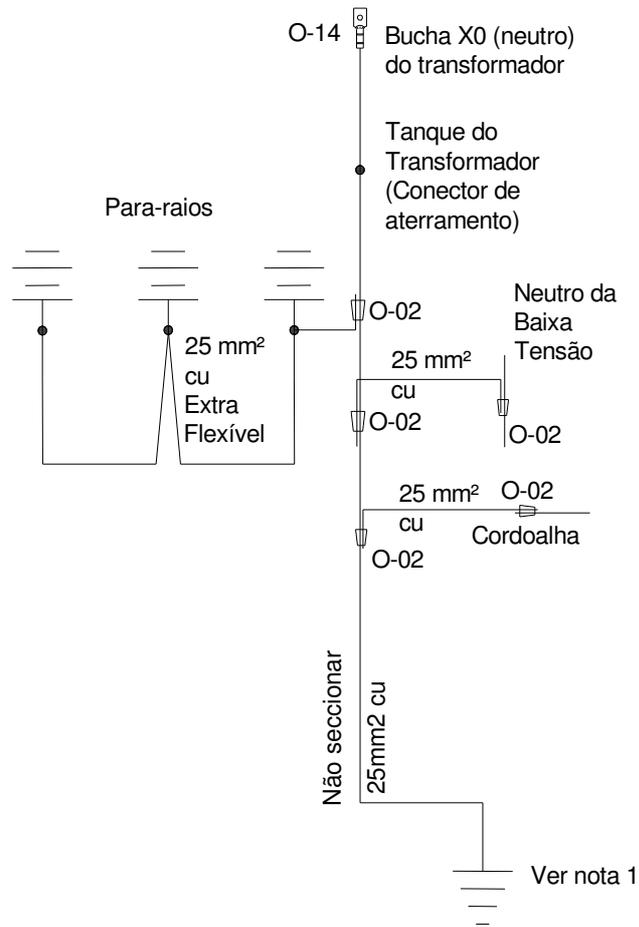
Notas:

1 – Conforme critérios do subitem 5.2.;

2 – O cabo de cobre nu de 25 mm<sup>2</sup> pode ser substituído pelo cabo de aço-cobre 35 mm<sup>2</sup> 53% IACS.

Lista de materiais					
Item	Quant.	Descrição	Item	Quant.	Descrição
C-06	–	Cabo extra-flexível de cobre 25 mm <sup>2</sup>	O-02	5	Conector cunha ramal
C-07	–	Cabo de cobre nu 25 mm <sup>2</sup>	O-14	1	Terminal a compressão 1 furo de cobre

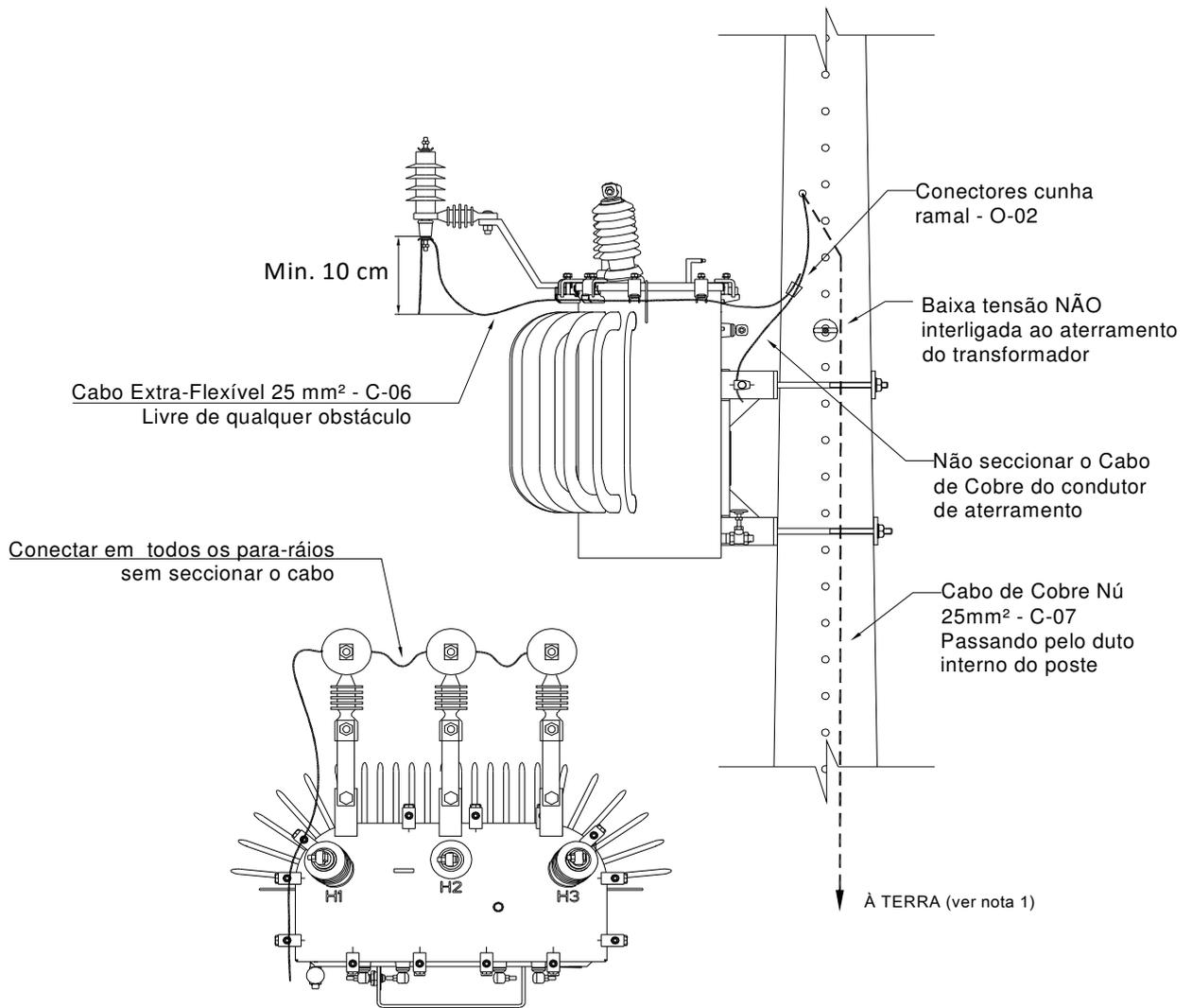
# Diagrama de Aterramento



**Notas:**

- 1 – Aterrar o transformador através de um aterramento padrão conforme critérios do subitem 5.2.;
- 2 – O cabo de cobre nu de 25 mm<sup>2</sup> pode ser substituído pelo cabo de aço-cobre 35 mm<sup>2</sup> 53% IACS.

### 5.5.13. Aterramento de Transformador Trifásico em Sistemas com Neutro Descontínuo

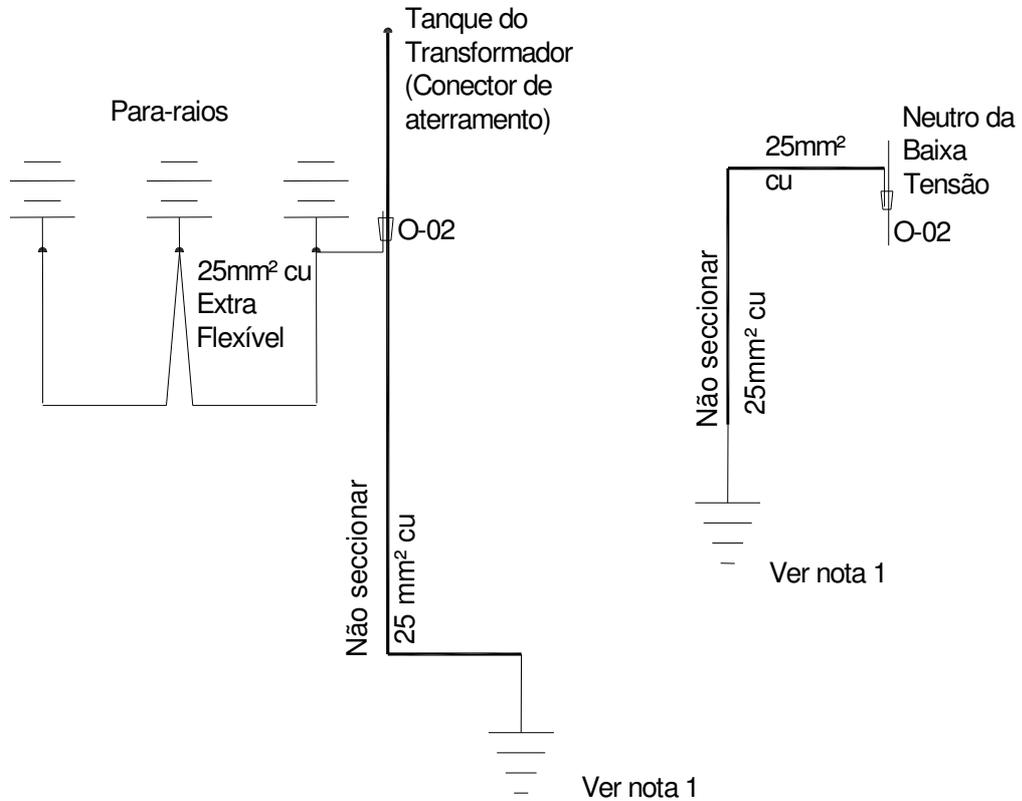

**Notas:**

1 – Conforme critérios do subitem 5.3.;

 2 – O cabo de cobre nu de 25 mm<sup>2</sup> pode ser substituído pelo cabo de aço-cobre 35 mm<sup>2</sup> 53% IACS.

Lista de materiais					
Item	Quant.	Descrição	Item	Quant.	Descrição
C-06	–	Cabo extra-flexível de cobre 25 mm <sup>2</sup>	O-02	2	Conector cunha ramal
C-07	–	Cabo de cobre nu 25 mm <sup>2</sup>	O-14	1	Terminal a compressão 1 furo de cobre

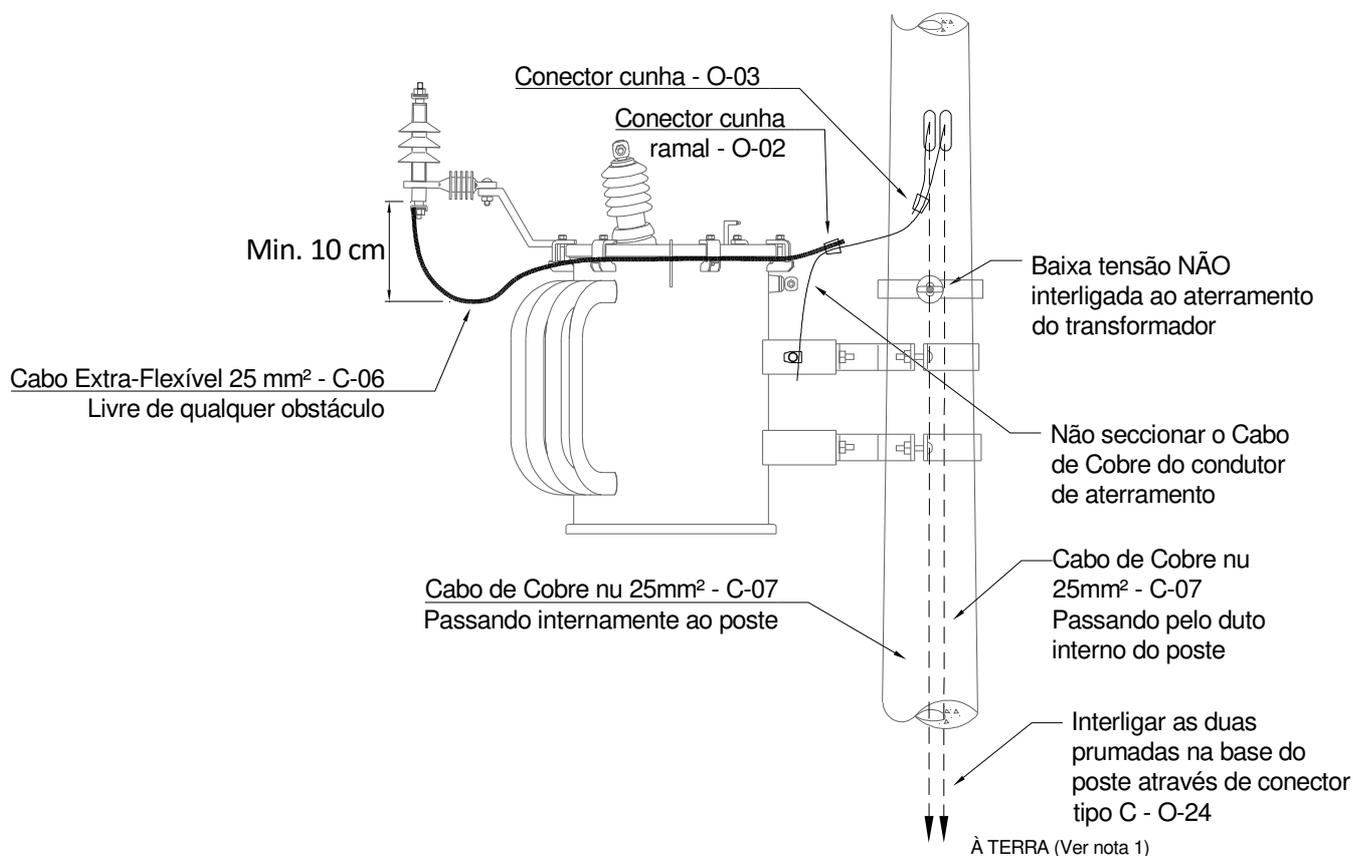
# Diagrama de Aterramento



**Notas:**

- 1 – Aterrar conforme critérios do subitem 5.3.;
- 2 – O cabo de cobre nu de 25 mm<sup>2</sup> pode ser substituído pelo cabo de aço-cobre 35 mm<sup>2</sup> 53% IACS.

### 5.5.14. Aterramento de Transformador Monofásico em Sistema MRT



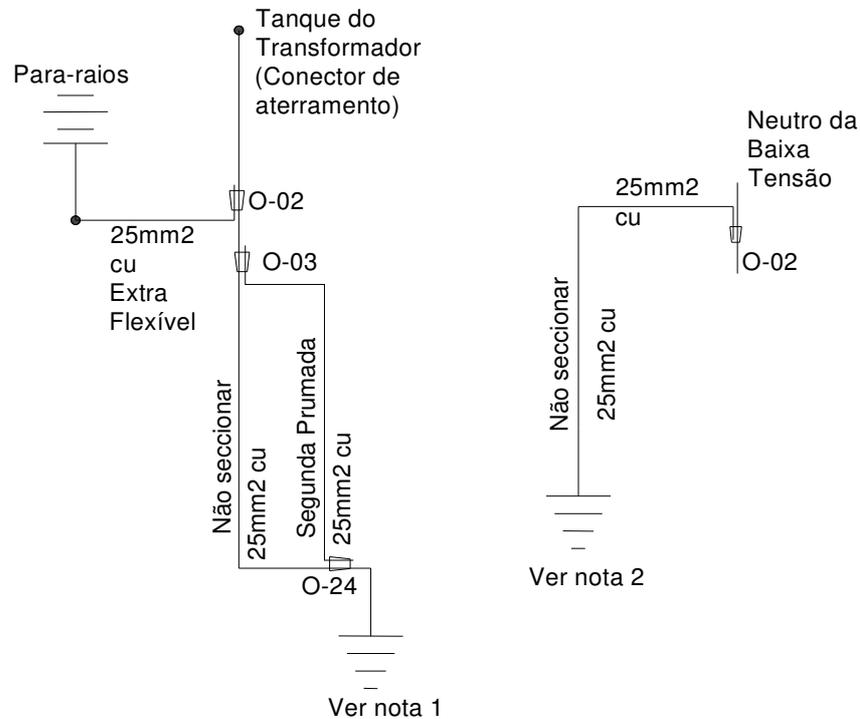
#### Notas:

1 – Aterrar o transformador através dos critérios do subitem 5.4;

2 – O cabo de cobre nu de 25 mm<sup>2</sup> pode ser substituído pelo cabo de aço-cobre 35 mm<sup>2</sup> 53% IACS.

Lista de materiais					
Item	Quant.	Descrição	Item	Quant.	Descrição
C-06	–	Cabo extra-flexível de cobre 25 mm <sup>2</sup>	O-02	2	Conector cunha ramal
C-07	–	Cabo de cobre nu 25 mm <sup>2</sup>	O-03	1	Conector cunha de cobre estanhado

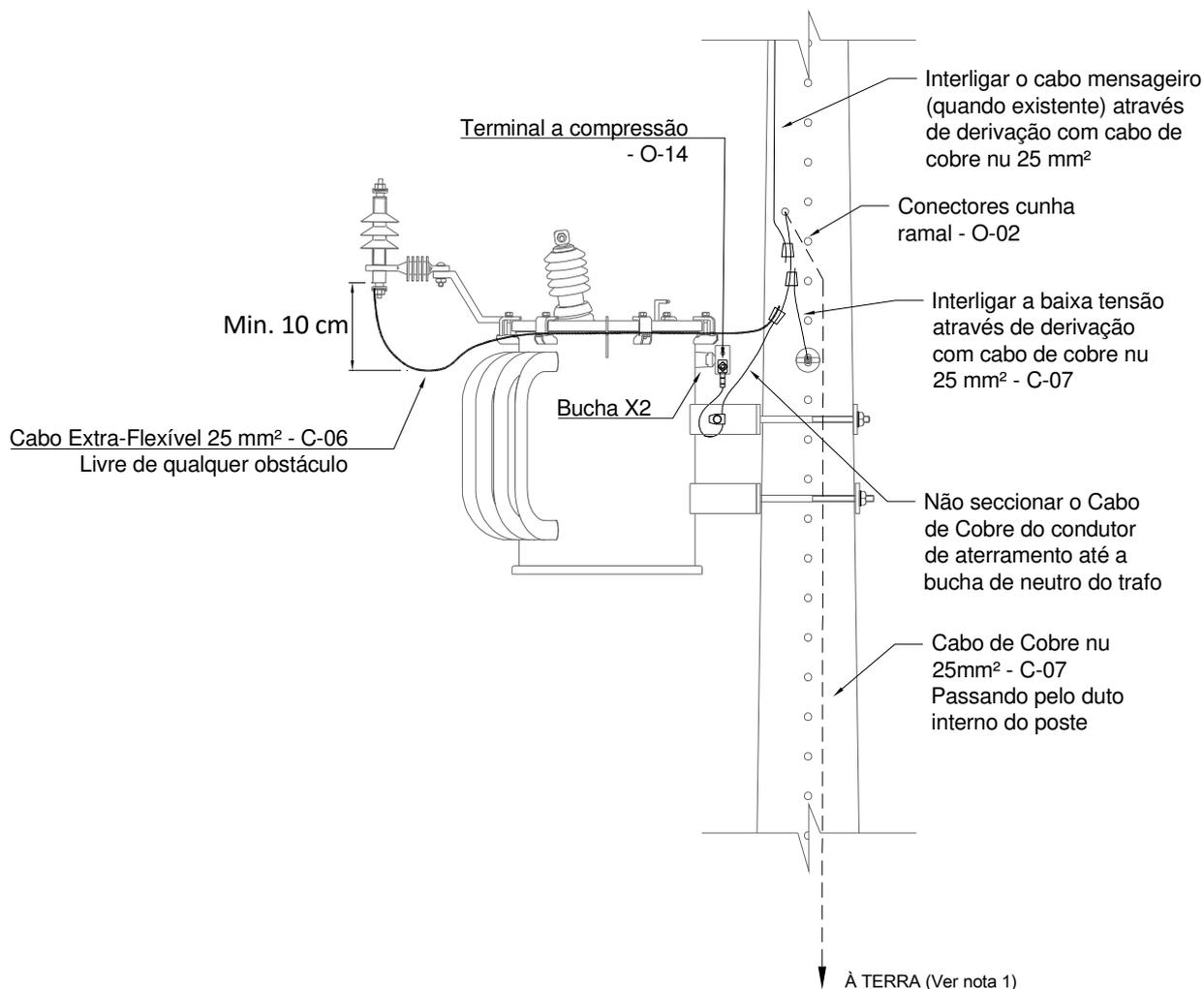
## Diagrama de Aterramento



### Notas:

- 1 – Aterrar o transformador através dos critérios do subitem 5.4.;
- 2 – Deve possuir aterramento separado composto de uma haste, afastado 30 metros do aterramento do primário;
- 3 – O cabo de cobre nu de 25 mm<sup>2</sup> pode ser substituído pelo cabo de aço-cobre 35 mm<sup>2</sup> 53% IACS.

### 5.5.15. Aterramento de Transformador Monofásico em Sistema Trifásico com Neutro Contínuo



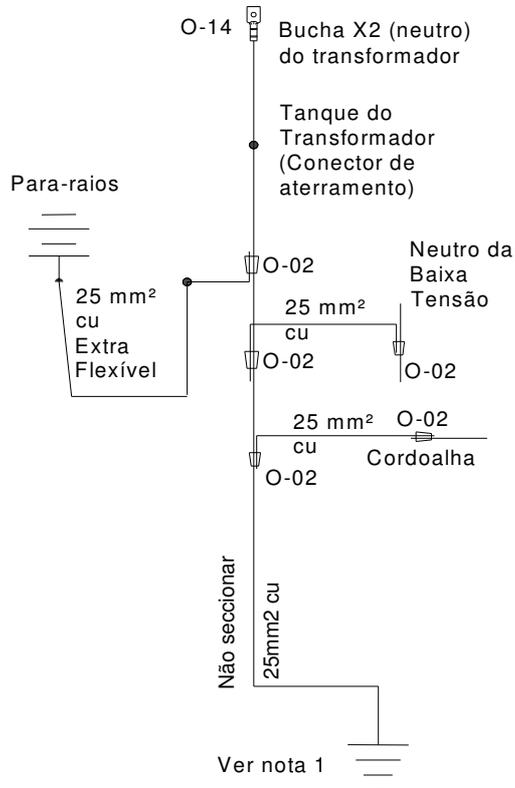
Notas:

1 – Aterrar conforme critérios do subitem 5.2.;

2 – O cabo de cobre nu de 25 mm<sup>2</sup> pode ser substituído pelo cabo de aço-cobre 35 mm<sup>2</sup> 53% IACS.

Lista de materiais					
Item	Quant.	Descrição	Item	Quant.	Descrição
C-06	–	Cabo extra-flexível de cobre 25 mm <sup>2</sup>	O-02	5	Conector cunha ramal
C-07	–	Cabo de cobre nu 25 mm <sup>2</sup>	O-14	1	Terminal a compressão 1 furo de cobre

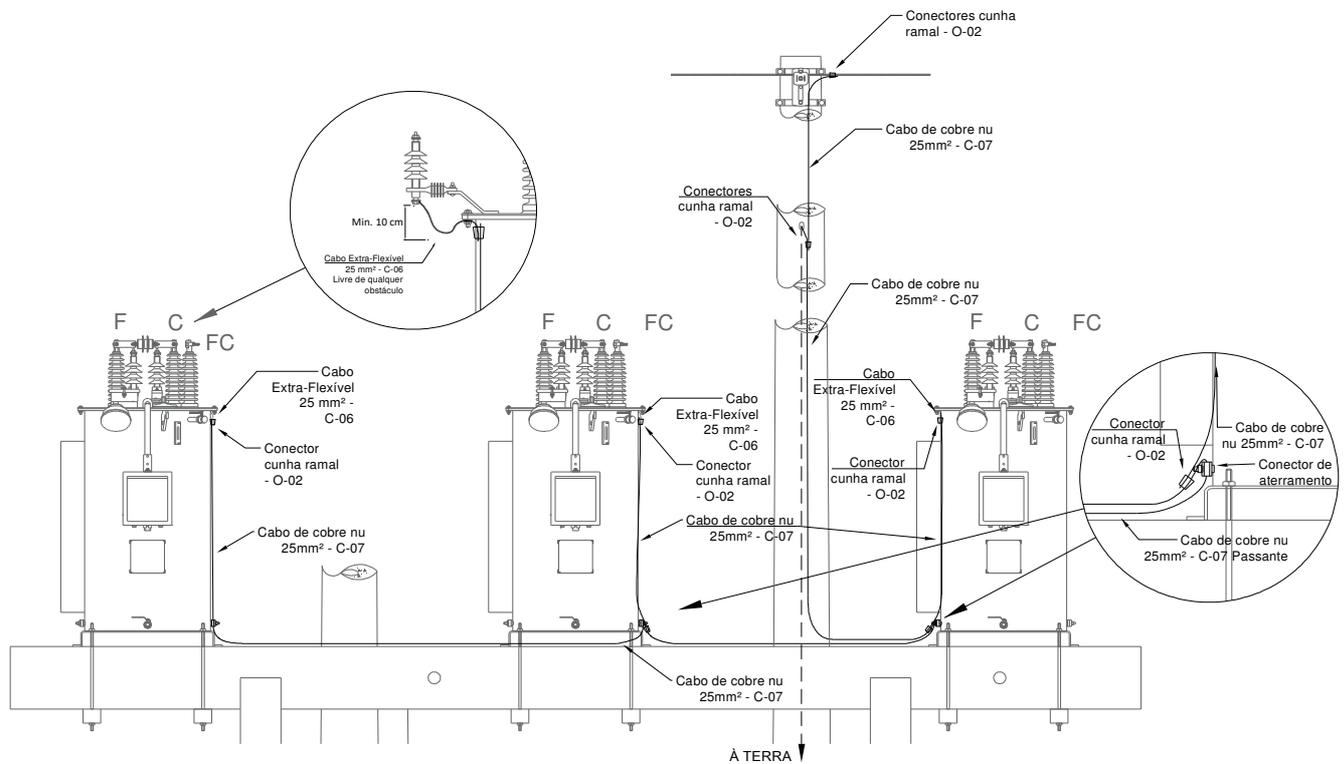
## Diagrama de Aterramento



**Notas:**

- 1 – Aterrar o transformador através de um aterramento padrão conforme critérios do subitem 5.2.;
- 2 – O cabo de cobre nu de 25 mm<sup>2</sup> pode ser substituído pelo cabo de aço-cobre 35 mm<sup>2</sup> 53% IACS.

5.5.16. Aterramento de Banco Regulador em Delta Fechado

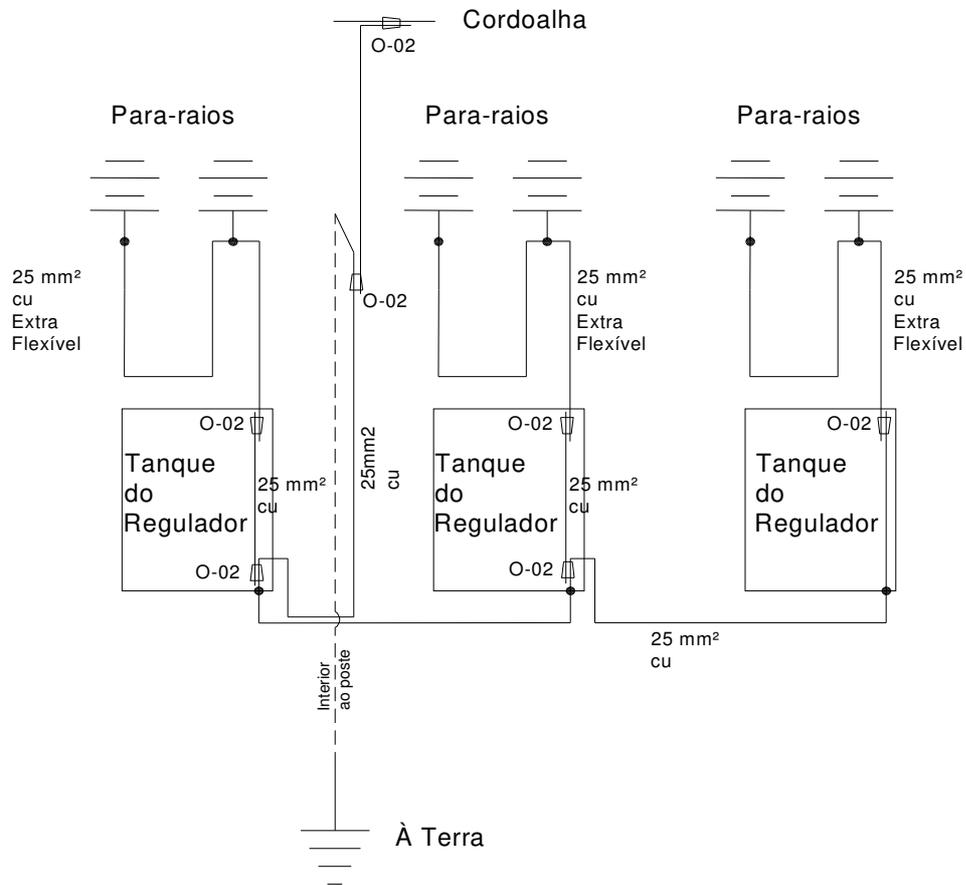


Notas:

- 1 – Aterrar conforme critérios dos subitens 5.2. e 5.3.;
- 2 – O cabo de cobre nu de 25 mm<sup>2</sup> pode ser substituído pelo cabo de aço-cobre 35 mm<sup>2</sup> 53% IACS.

Lista de materiais					
Item	Quant.	Descrição	Item	Quant.	Descrição
C-06	–	Cabo extra-flexível de cobre 25 mm <sup>2</sup>	O-02	7	Conector cunha ramal
C-07	–	Cabo de cobre nu 25 mm <sup>2</sup>			

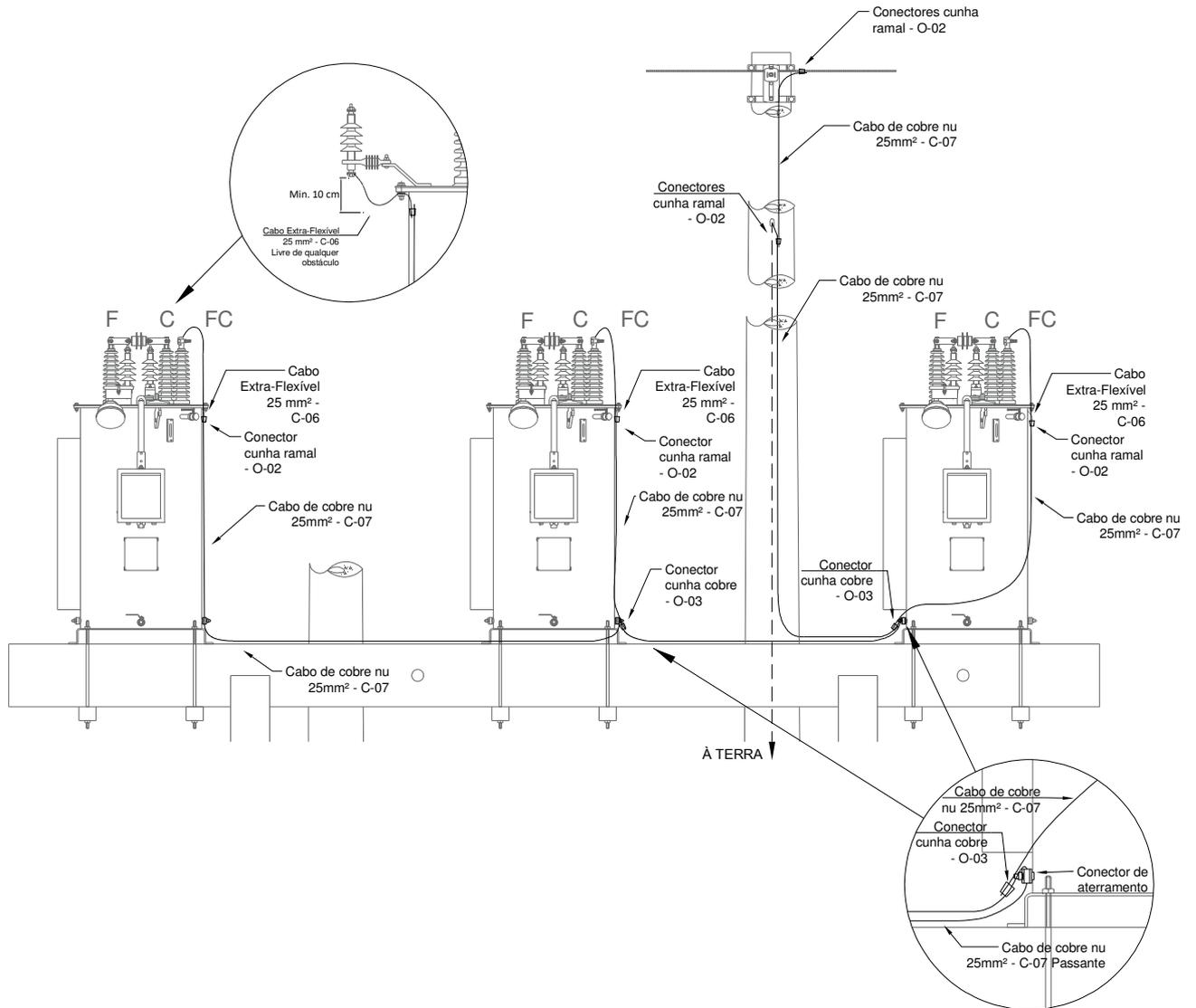
## Diagrama de Aterramento



### Notas:

- 1 – Aterrar o conjunto através de um aterramento padrão conforme critérios dos subitens 5.2. e 5.3.;
- 2 – O cabo de cobre nu de 25 mm<sup>2</sup> pode ser substituído pelo cabo de aço-cobre 35 mm<sup>2</sup> 53% IACS.

5.5.17. Aterramento de Banco Regulador em Estrela Aterrada

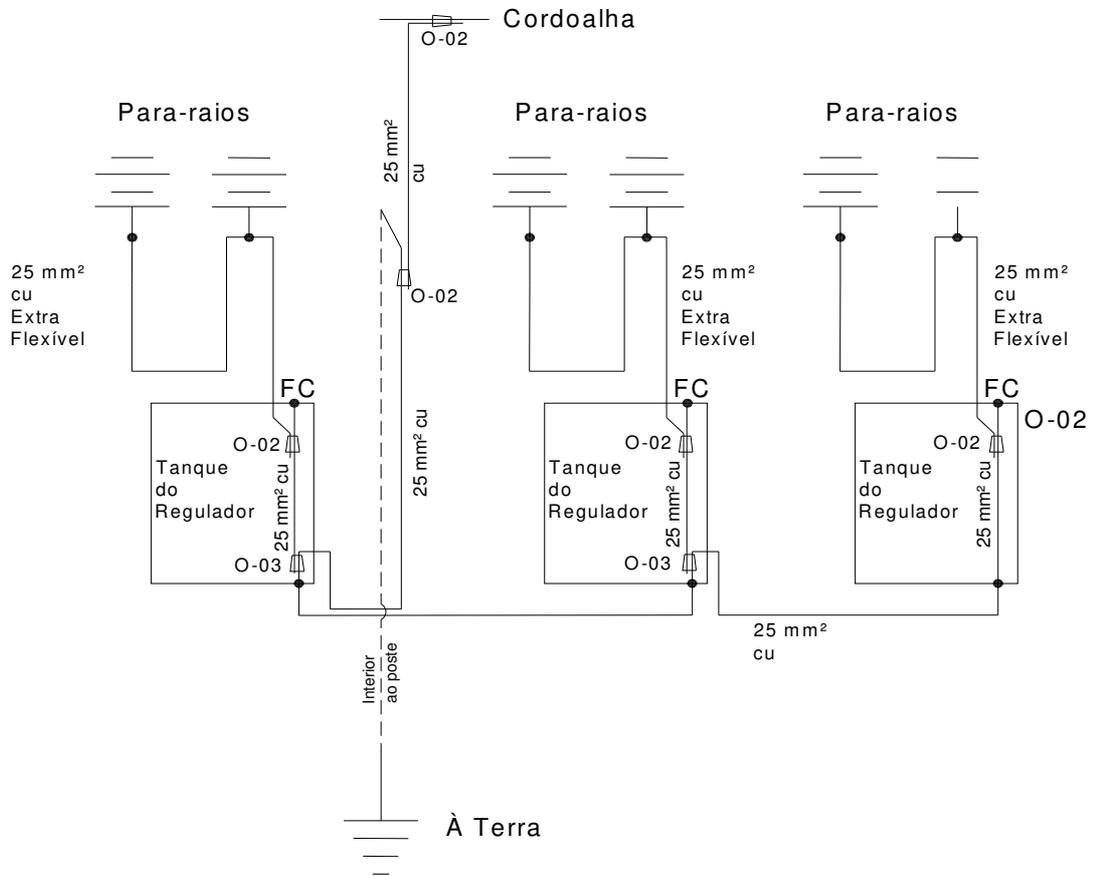


Notas:

- 1 – Aterrar conforme critérios dos subitens 5.2. e 5.3.;
- 2 – O cabo de cobre nu de 25 mm<sup>2</sup> pode ser substituído pelo cabo de aço-cobre 35 mm<sup>2</sup> 53% IACS.

Lista de materiais					
Item	Quant.	Descrição	Item	Quant.	Descrição
C-06	–	Cabo extra-flexível de cobre 25 mm <sup>2</sup>	O-02	5	Conector cunha ramal
C-07	–	Cabo de cobre nu 25 mm <sup>2</sup>	O-03	2	Conector cunha cobre estanhado

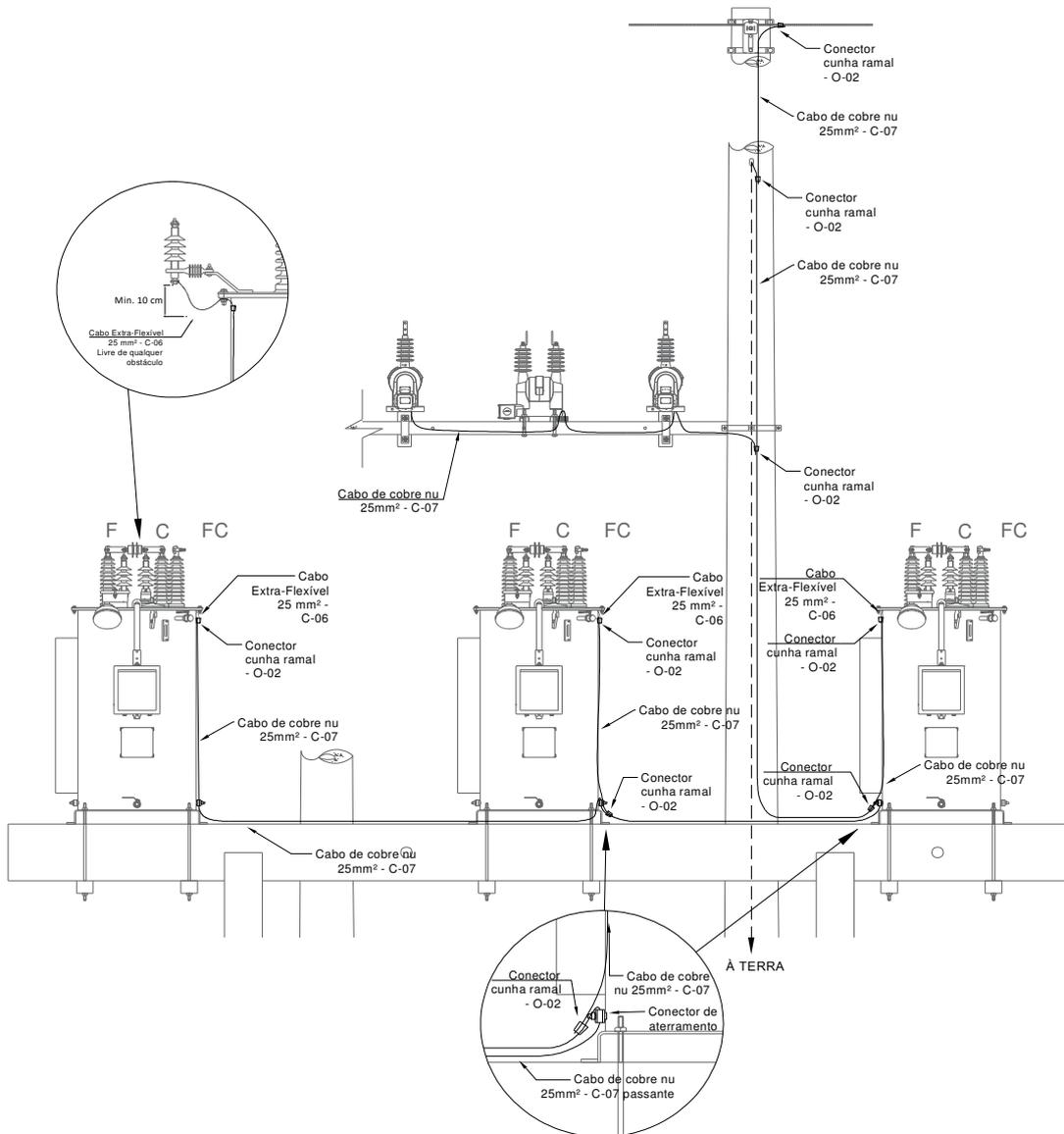
## Diagrama de Aterramento



**Notas:**

- 1 – Aterrar o conjunto através de um aterramento padrão conforme critérios dos subitens 5.2. e 5.3.;
- 2 – O cabo de cobre nu de 25 mm<sup>2</sup> pode ser substituído pelo cabo de aço-cobre 35 mm<sup>2</sup> 53% IACS.

5.5.18. Aterramento de Banco Regulador em Delta Fechado com TP

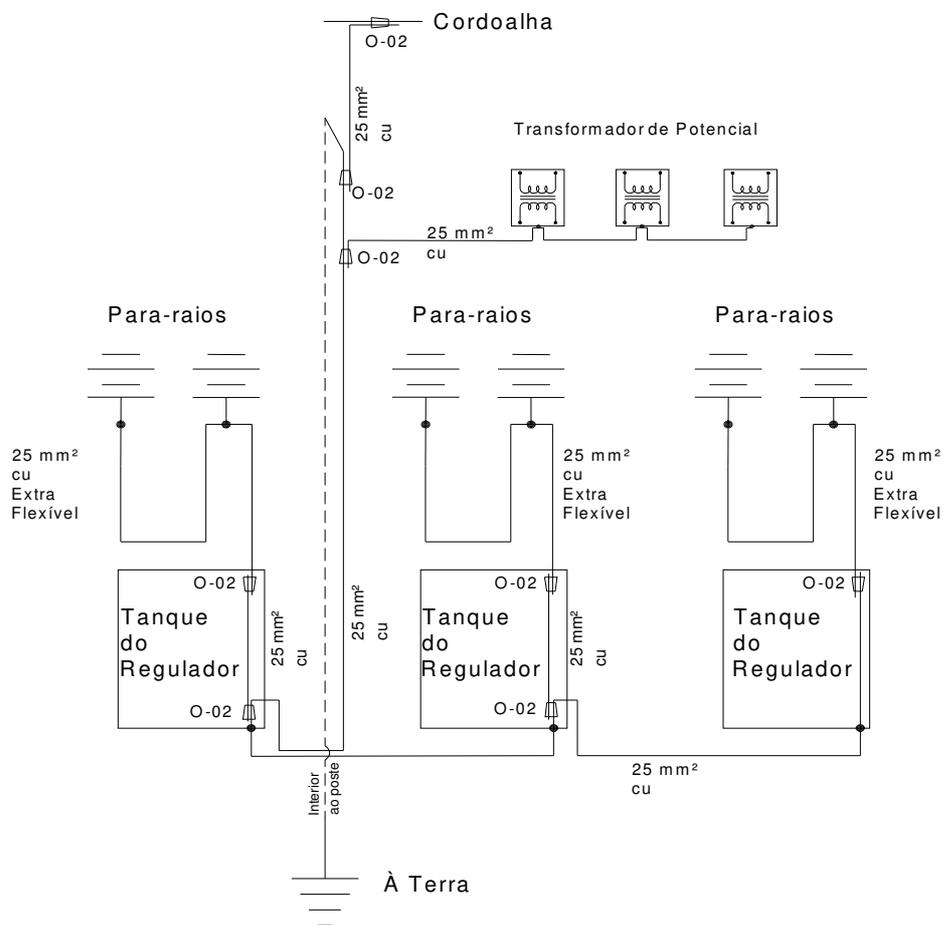


Notas:

- 1 – Aterrar conforme critérios dos subitens 5.2. e 5.3.;
- 2 – O cabo de cobre nu de 25 mm<sup>2</sup> pode ser substituído pelo cabo de aço-cobre 35 mm<sup>2</sup> 53% IACS.

Lista de materiais					
Item	Quant.	Descrição	Item	Quant.	Descrição
C-06	–	Cabo extra-flexível de cobre 25 mm <sup>2</sup>	O-02	8	Conector cunha ramal
C-07	–	Cabo de cobre nu 25 mm <sup>2</sup>			

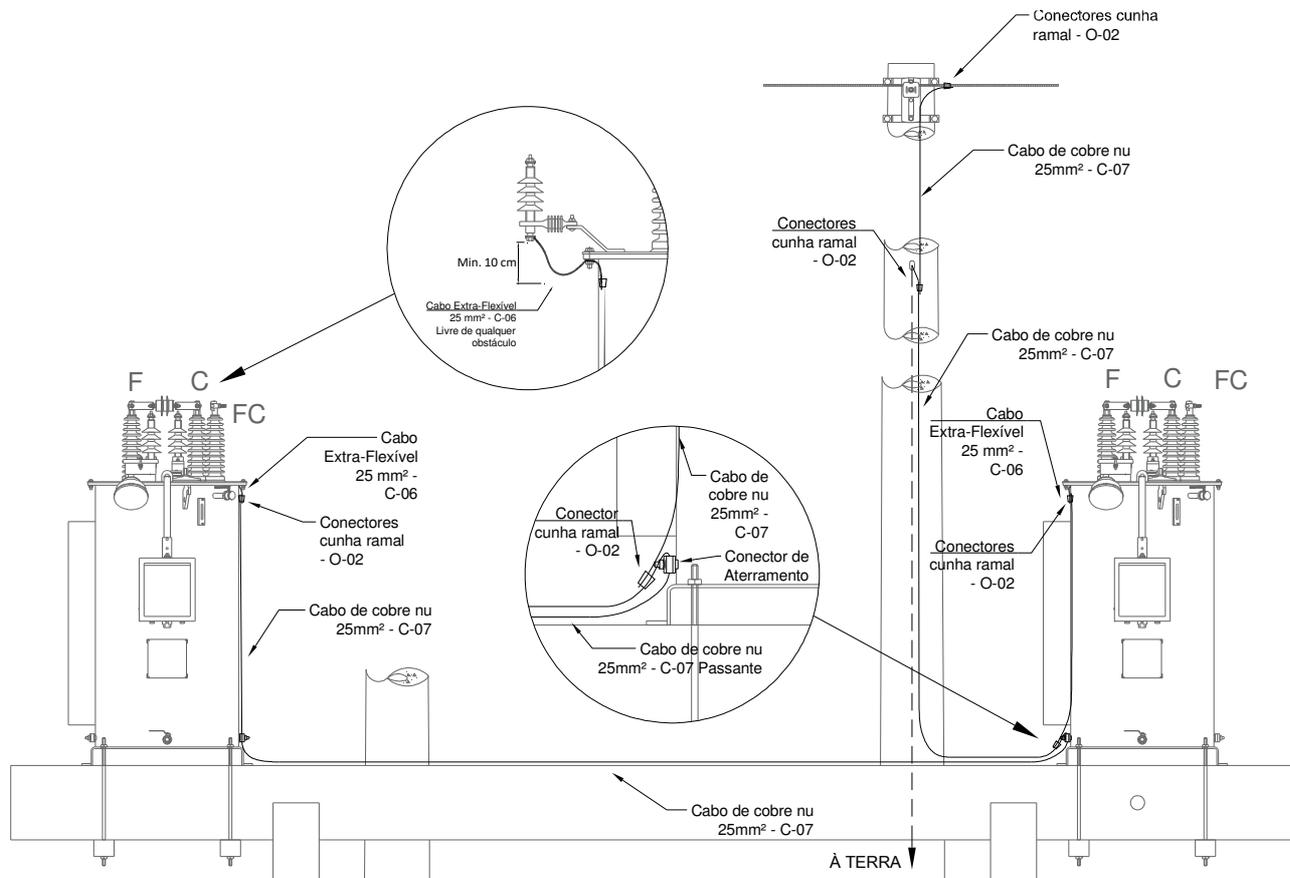
## Diagrama de Aterramento



### Notas:

- 1 – Aterrar o conjunto através de um aterramento padrão conforme critérios dos subitens 5.2. e 5.3.;
- 2 – O cabo de cobre nu de 25 mm<sup>2</sup> pode ser substituído pelo cabo de aço-cobre 35 mm<sup>2</sup> 53% IACS.

5.5.19. Aterramento de Banco Regulador em Delta Aberto

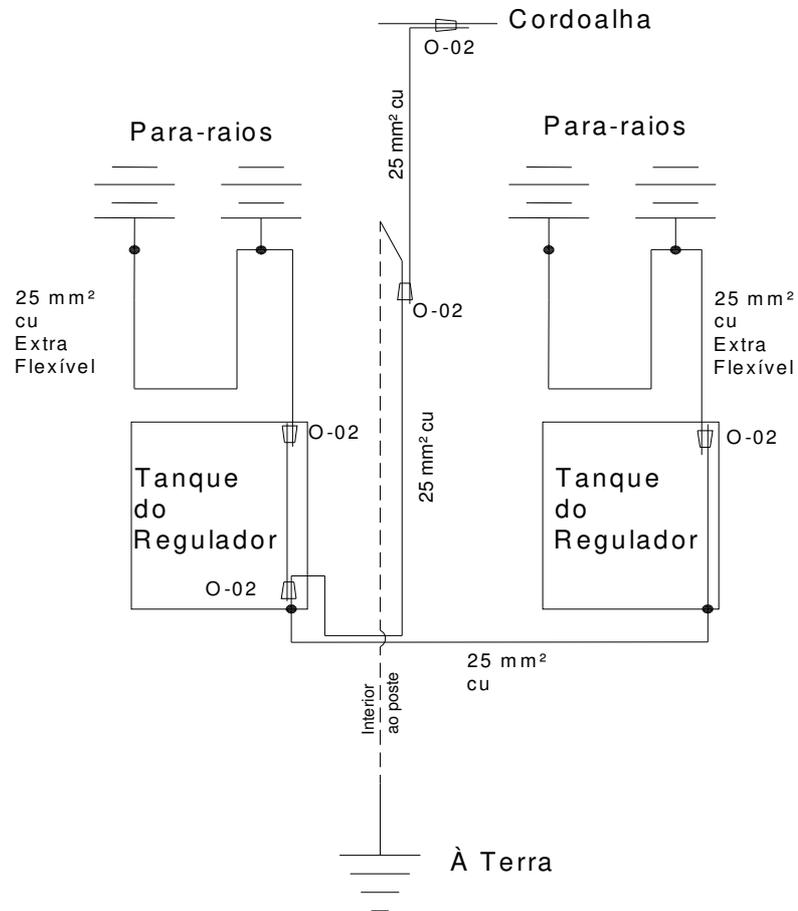


Notas:

- 1 – Aterrar conforme critérios dos subitens 5.2. e 5.3.;
- 2 – O cabo de cobre nu de 25 mm<sup>2</sup> pode ser substituído pelo cabo de aço-cobre 35 mm<sup>2</sup> 53% IACS.

Lista de materiais					
Item	Quant.	Descrição	Item	Quant.	Descrição
C-06	–	Cabo extra-flexível de cobre 25 mm <sup>2</sup>	O-02	8	Conector cunha ramal
C-07	–	Cabo de cobre nu 25 mm <sup>2</sup>			

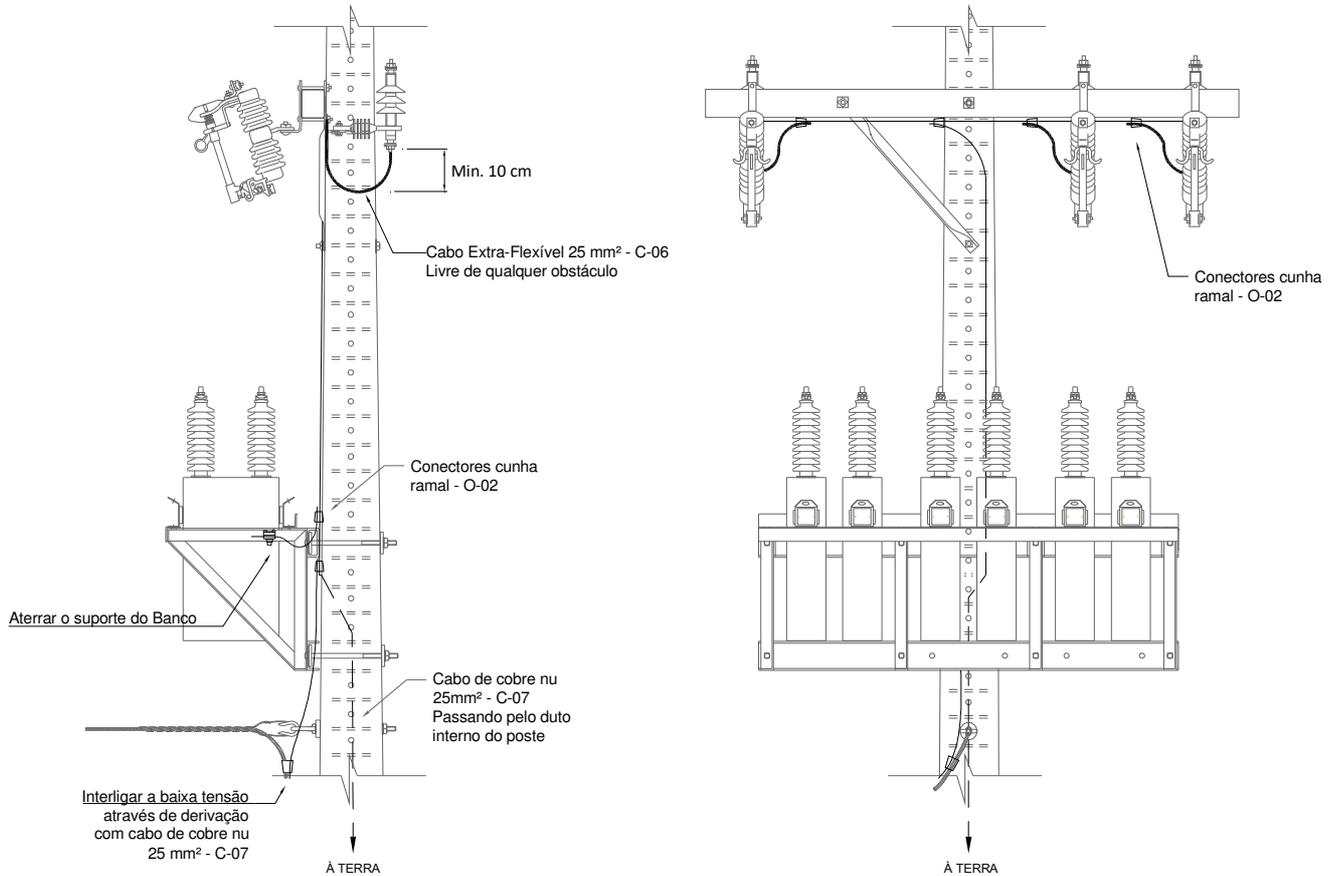
## Diagrama de Aterramento



### Notas:

- 1 – Aterrar o conjunto através de um aterramento padrão conforme critérios dos subitens 5.2. e 5.3.;
- 2 – O cabo de cobre nu de 25 mm<sup>2</sup> pode ser substituído pelo cabo de aço-cobre 35 mm<sup>2</sup> 53% IACS.

5.5.20. Aterramento de Banco de Capacitores

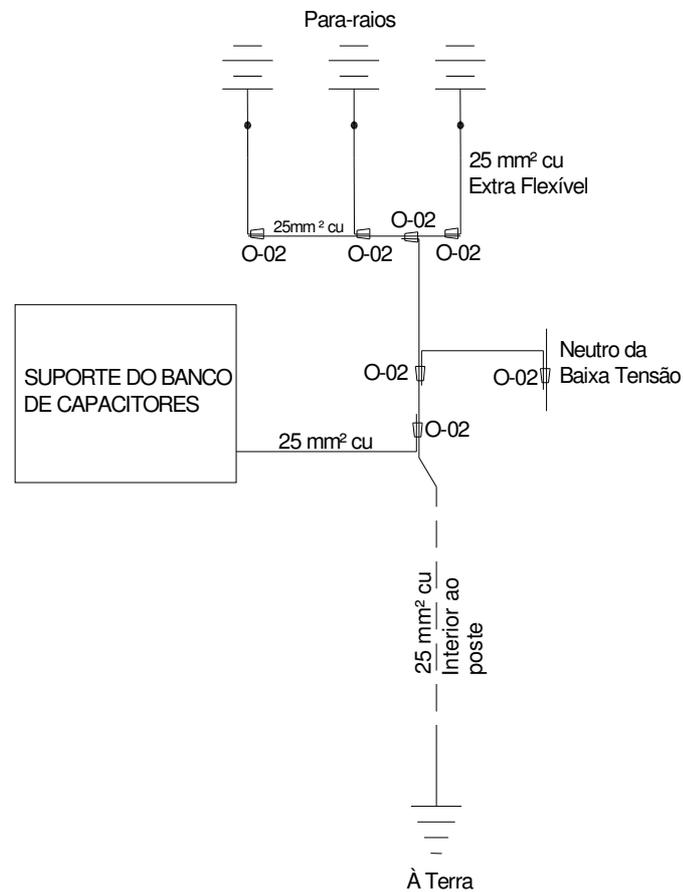


Notas:

- 1 – Aterrar conforme critérios dos subitens 5.2. e 5.3.;
- 2 – Para equipamentos instalados em sistemas trifásicos com neutro descontinuo, não interligar o aterramento ao neutro;
- 3 – O cabo de cobre nu de 25 mm<sup>2</sup> pode ser substituído pelo cabo de aço-cobre 35 mm<sup>2</sup> 53% IACS.

Lista de materiais					
Item	Quant.	Descrição	Item	Quant.	Descrição
C-06	–	Cabo extra-flexível de cobre 25 mm <sup>2</sup>	O-02	7	Conector cunha ramal
C-07	–	Cabo de cobre nu 25 mm <sup>2</sup>			

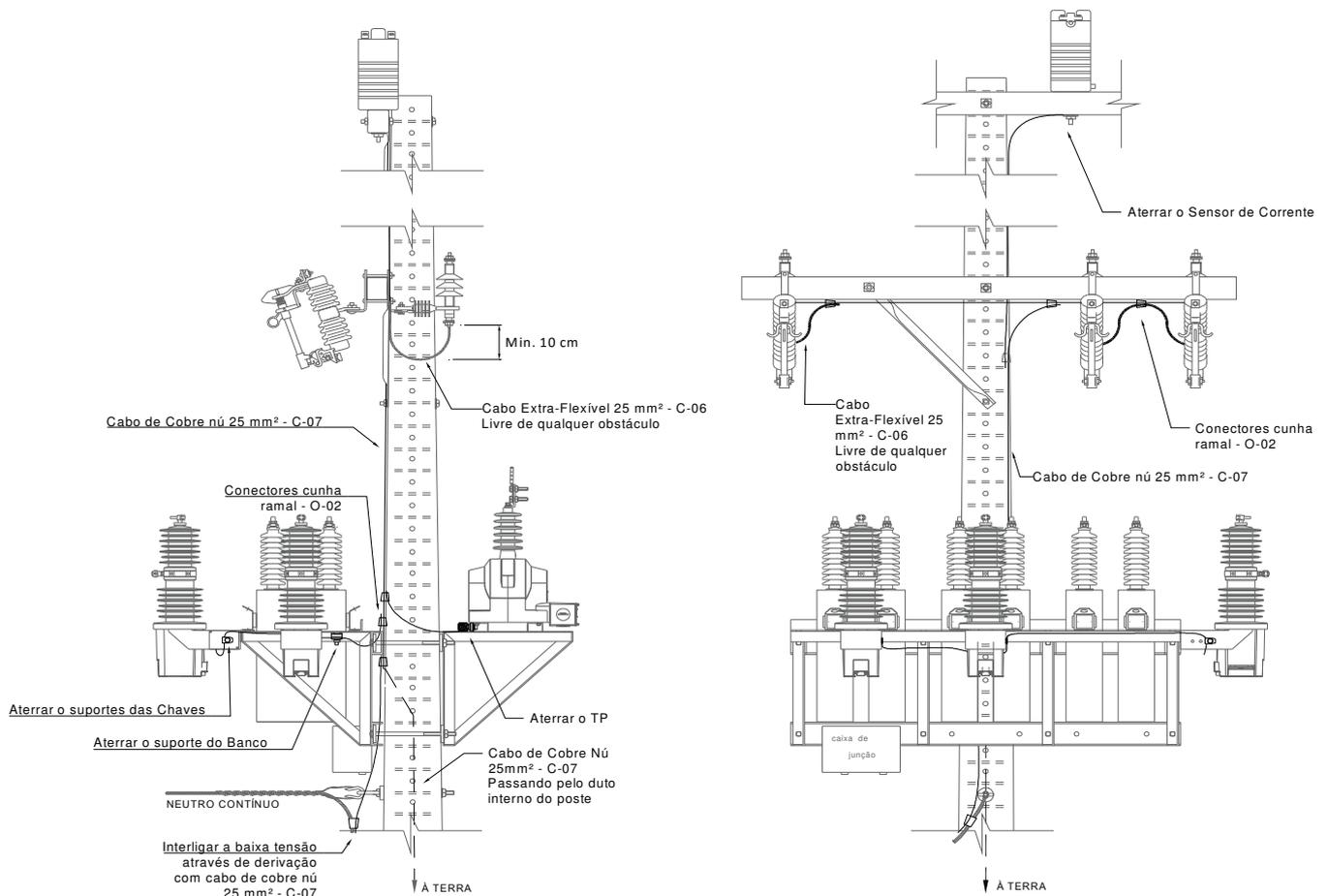
## Diagrama de Aterramento



### Notas:

- 1 – Aterrar conforme critérios dos subitens 5.2. e 5.3.;
- 2 – Para equipamentos instalados em sistemas trifásicos com neutro descontínuo, não interligar o aterramento ao neutro;
- 3 – O cabo de cobre nu de 25 mm<sup>2</sup> pode ser substituído pelo cabo de aço-cobre 35 mm<sup>2</sup> 53% IACS.

### 5.5.21. Aterramento de Banco de Capacitores Automático

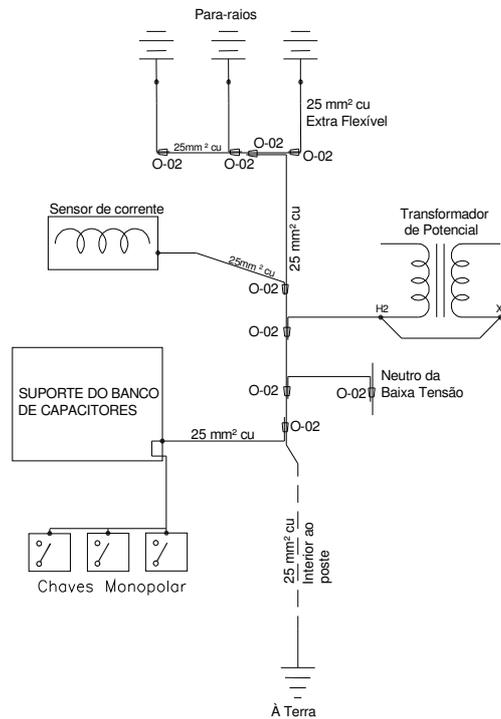


#### Notas:

- 1 – Aterrar conforme critérios do subitem 5.2. e do inciso 5.3.3.;
- 2 – Para equipamentos instalados em sistemas trifásicos com neutro descontínuo, não interligar o aterramento ao neutro;
- 3 – O cabo de cobre nu de 25 mm<sup>2</sup> pode ser substituído pelo cabo de aço-cobre 35 mm<sup>2</sup> 53% IACS.

Lista de materiais					
Item	Quant.	Descrição	Item	Quant.	Descrição
C-06	–	Cabo extra-flexível de cobre 25 mm <sup>2</sup>	O-02	9	Conector cunha ramal
C-07	–	Cabo de cobre nu 25 mm <sup>2</sup>			

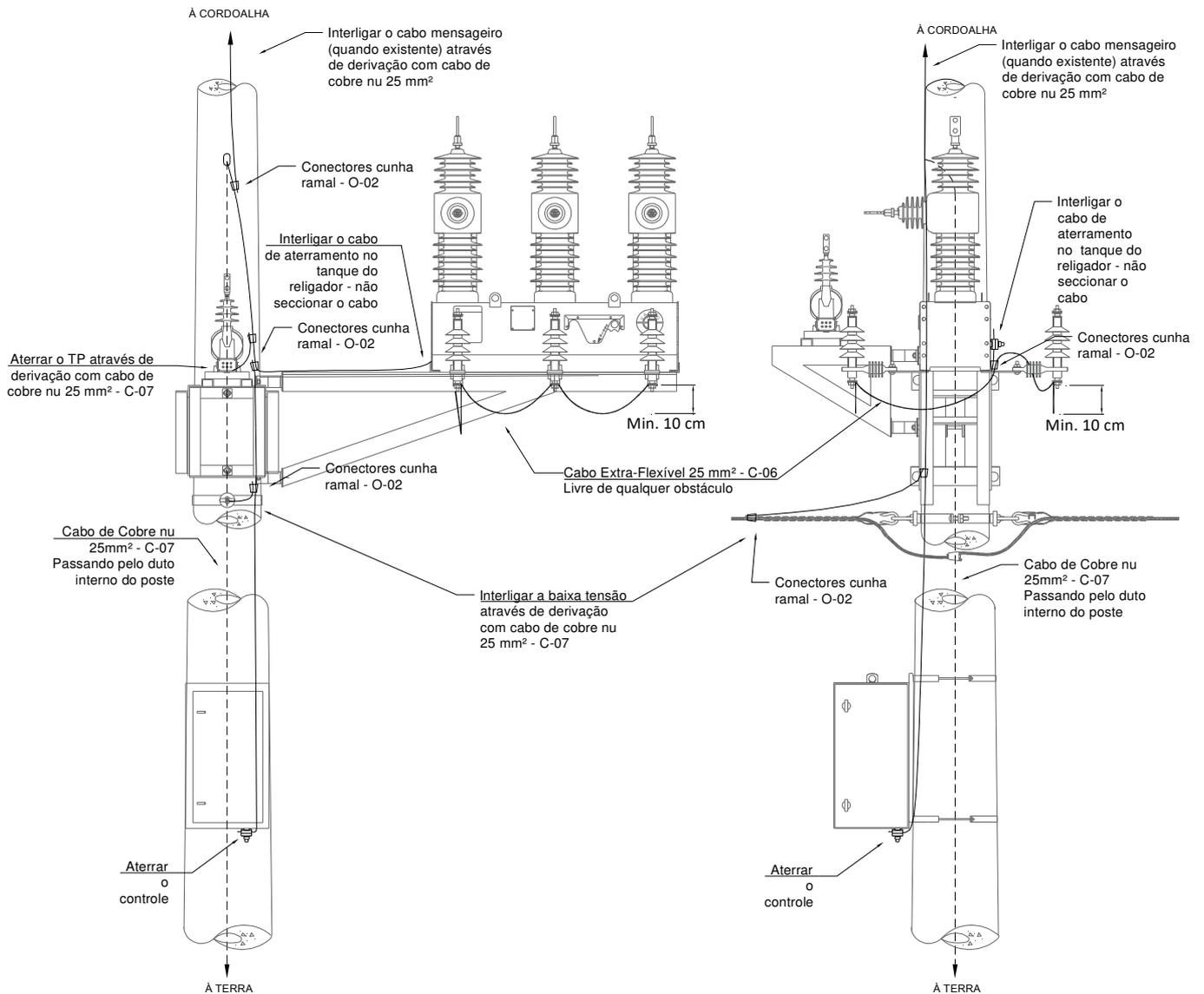
### Diagrama de Aterramento



**Notas:**

- 1 – Aterrar conforme critérios dos subitens 5.2. e 5.3.;
- 2 – Para equipamentos instalados em sistemas trifásicos com neutro descontínuo, não interligar o aterramento ao neutro;
- 3 – O cabo de cobre nu de 25 mm<sup>2</sup> pode ser substituído pelo cabo de aço-cobre 35 mm<sup>2</sup> 53% IACS.

### 5.5.22. Aterramento de Religadores

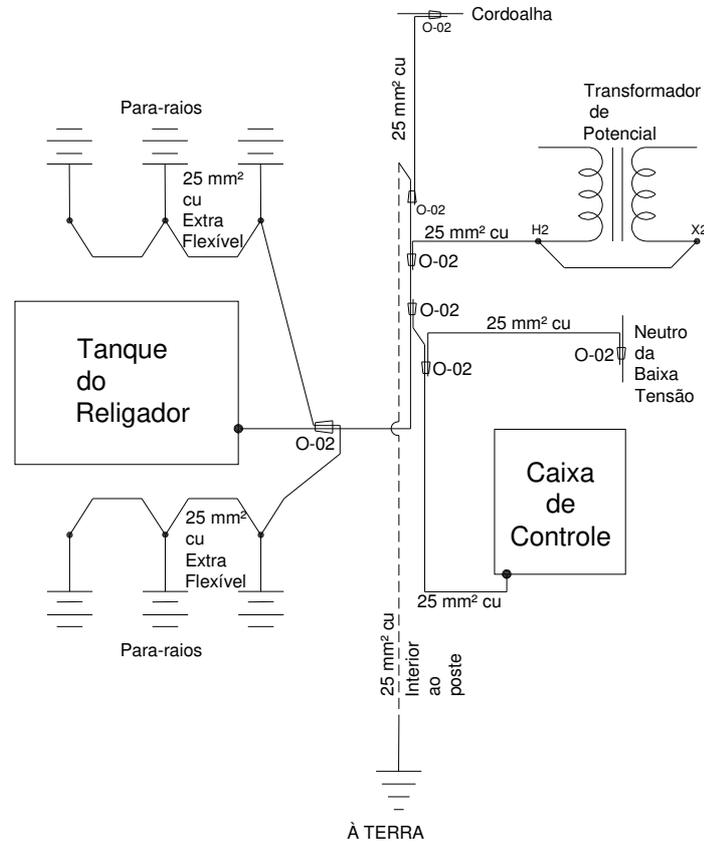


#### Notas:

- 1 – Aterrar conforme critérios dos subitens 5.2. e 5.3.;
- 2 – Para equipamentos instalados em sistemas trifásicos com neutro descontinuo, não interligar o aterramento ao neutro;
- 3 – O cabo de cobre nu de 25 mm<sup>2</sup> pode ser substituído pelo cabo de aço-cobre 35 mm<sup>2</sup> 53% IACS.

Lista de materiais					
Item	Quant.	Descrição	Item	Quant.	Descrição
C-06	–	Cabo extra-flexível de cobre 25 mm <sup>2</sup>	O-02	6	Conector cunha ramal
C-07	–	Cabo de cobre nu 25 mm <sup>2</sup>			

## Diagrama de Aterramento



### Notas:

- 1 – Aterrar conforme critérios dos subitens 5.2. e 5.3.;
- 2 – Para equipamentos instalados em sistemas trifásicos com neutro descontinuo, não interligar o aterramento ao neutro;
- 3 – O cabo de cobre nu de 25 mm<sup>2</sup> pode ser substituído pelo cabo de aço-cobre 35 mm<sup>2</sup> 53% IACS.

## 6. DISPOSIÇÕES FINAIS

Para efeito de utilização desta Instrução, são considerados os casos normais de aterramento. Os casos especiais, tais como solos de alta resistividade deverão ser analisados isoladamente.

7. ANEXOS

7.1. Tabelas de Aterramentos para Sistema Trifásico com Neutro Contínuo

7.2. Medição de Resistência de Aterramento

7.3. Histórico de Revisões

### 7.1. Tabelas de Aterramentos para Sistema Trifásico com Neutro Contínuo

As seguintes tabelas determinam as quantidades de aterramentos padrão para cada quilômetro de rede secundária de acordo com a extensão total do neutro contínuo do sistema, da média de ramais de unidades consumidoras por poste e da média das resistências padrão do sistema.

Nota: o valor máximo da resistência do aterramento padrão individual não pode ultrapassar 65  $\Omega$ .

Resistência média dos aterramentos do sistema ( $\Omega$ )	2,5 km	5 km	7,5 km	10 km	12,5 km	15 km	17,5 km	20 km	25 km	$\geq 30$ km
	Número de aterramentos padrão (5 hastes) para cada quilômetro de acordo com a extensão do neutro (vão médio de 35 metros, média de 1 ramal de UC por poste)									
4	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
8	6	3	3	3	3	3	3	3	3	3
11	11	4	4	3	3	3	3	3	3	3
15	16	6	4	3	3	3	3	3	3	3
19	21	8	4	3	3	3	3	3	3	3
23	26	11	6	3	3	3	3	3	3	3
26	31	13	7	4	3	3	3	3	3	3
30	—	16	9	6	4	3	3	3	3	3
34	—	18	11	7	5	4	3	3	3	3
38	—	21	12	8	6	4	3	3	3	3
45	—	26	16	11	8	6	4	3	3	3
53	—	31	19	13	10	7	6	4	3	3
60	—	—	22	16	12	9	7	6	4	3
64	—	—	24	17	13	10	8	6	4	3

Resistência média dos aterramentos do sistema ( $\Omega$ )	2,5 km	5 km	7,5 km	10 km	12,5 km	15 km	17,5 km	20 km	25 km	$\geq 30$ km
	Número de aterramentos padrão (5 hastes) para cada quilômetro de acordo com a extensão do neutro (vão médio de 35 metros, média de 1,5 ramal de UC por poste)									
4	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
8	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2
11	8	2	2	2	2	2	2	2	2	2
15	13	3	2	2	2	2	2	2	2	2
19	18	6	2	2	2	2	2	2	2	2
23	23	8	3	2	2	2	2	2	2	2
26	28	11	5	2	2	2	2	2	2	2
30	33	13	7	3	2	2	2	2	2	2
34	—	16	8	4	2	2	2	2	2	2
38	—	18	10	6	3	2	2	2	2	2
45	—	23	13	8	5	3	2	2	2	2
53	—	28	17	11	7	5	3	2	2	2
60	—	33	20	13	9	7	5	3	2	2
64	—	—	22	14	10	7	5	4	2	2

Resistência média dos aterramentos do sistema ( $\Omega$ )	2,5 km	5 km	7,5 km	10 km	12,5 km	15 km	17,5 km	20 km	25 km	$\geq 30$ km
	Número de aterramentos padrão (5 hastes) para cada quilômetro de acordo com a extensão do neutro (vão médio de 35 metros, média de 2 ramais de UC por poste)									
4	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
8	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
11	6	2	2	2	2	2	2	2	2	2
15	11	2	2	2	2	2	2	2	2	2
19	16	3	2	2	2	2	2	2	2	2
23	21	6	2	2	2	2	2	2	2	2
26	26	8	2	2	2	2	2	2	2	2
30	31	11	4	2	2	2	2	2	2	2
34	—	13	6	2	2	2	2	2	2	2
38	—	16	7	3	2	2	2	2	2	2
45	—	21	11	6	3	2	2	2	2	2
53	—	26	14	8	5	2	2	2	2	2
60	—	31	17	11	7	4	2	2	2	2
64	—	—	19	13	8	5	3	2	2	2

Resistência média dos aterramentos do sistema ( $\Omega$ )	2,5 km	5 km	7,5 km	10 km	12,5 km	15 km	17,5 km	20 km	25 km	$\geq 30$ km
	Número de aterramentos padrão (5 hastes) para cada quilômetro de acordo com a extensão do neutro (vão médio de 35 metros, média de 2,5 ramais de UC por poste)									
4	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
8	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
11	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2
15	8	2	2	2	2	2	2	2	2	2
19	13	2	2	2	2	2	2	2	2	2
23	18	3	2	2	2	2	2	2	2	2
26	23	6	2	2	2	2	2	2	2	2
30	28	8	2	2	2	2	2	2	2	2
34	33	11	3	2	2	2	2	2	2	2
38	—	13	5	2	2	2	2	2	2	2
45	—	18	8	3	2	2	2	2	2	2
53	—	23	12	6	2	2	2	2	2	2
60	—	28	15	8	4	2	2	2	2	2
64	—	31	17	10	5	2	2	2	2	2

Resistência média dos aterramentos do sistema ( $\Omega$ )	2,5 km	5 km	7,5 km	10 km	12,5 km	15 km	17,5 km	20 km	25 km	$\geq 30$ km
	Número de aterramentos padrão (5 hastes) para cada quilômetro de acordo com a extensão do neutro (vão médio de 35 metros, média de 3 ramais de UC por poste)									
4	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
8	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
11	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
15	6	2	2	2	2	2	2	2	2	2
19	11	2	2	2	2	2	2	2	2	2
23	16	2	2	2	2	2	2	2	2	2
26	21	3	2	2	2	2	2	2	2	2
30	26	6	2	2	2	2	2	2	2	2
34	31	8	2	2	2	2	2	2	2	2
38	—	11	3	2	2	2	2	2	2	2
45	—	16	6	2	2	2	2	2	2	2
53	—	21	9	3	2	2	2	2	2	2
60	—	26	13	6	2	2	2	2	2	2
64	—	28	15	7	3	2	2	2	2	2

Resistência média dos aterramentos do sistema ( $\Omega$ )	2,5 km	5 km	7,5 km	10 km	12,5 km	15 km	17,5 km	20 km	25 km	$\geq 30$ km
	Número de aterramentos padrão (5 hastes) para cada quilômetro de acordo com a extensão do neutro (vão médio de 35 metros, média de 3,5 ramais de UC por poste)									
4	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
8	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
11	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
15	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2
19	8	2	2	2	2	2	2	2	2	2
23	13	2	2	2	2	2	2	2	2	2
26	18	2	2	2	2	2	2	2	2	2
30	23	3	2	2	2	2	2	2	2	2
34	29	6	2	2	2	2	2	2	2	2
38	33	8	2	2	2	2	2	2	2	2
45	—	13	3	2	2	2	2	2	2	2
53	—	18	7	2	2	2	2	2	2	2
60	—	23	10	3	2	2	2	2	2	2
64	—	26	12	5	2	2	2	2	2	2

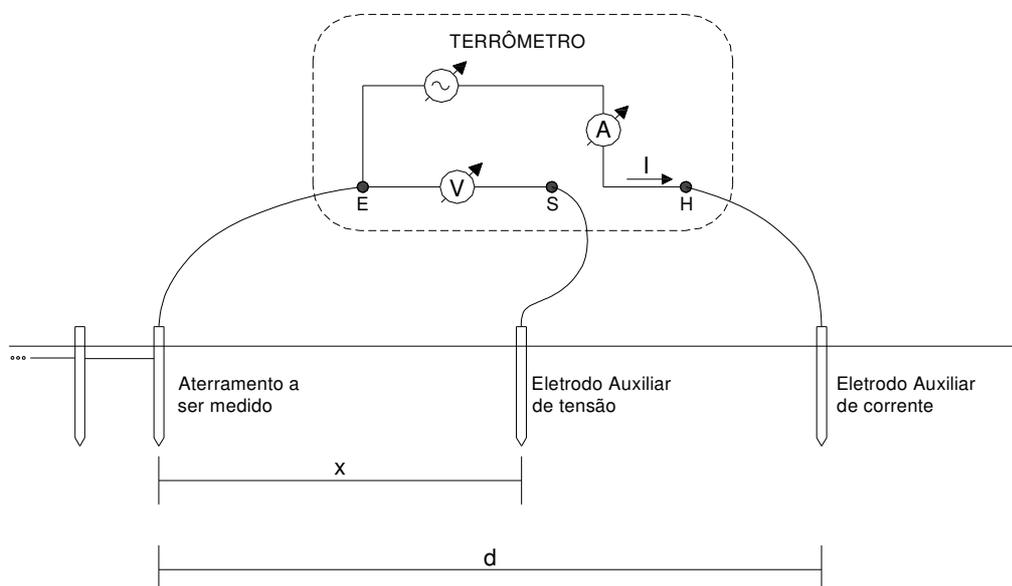
Resistência média dos aterramentos do sistema ( $\Omega$ )	2,5 km	5 km	7,5 km	10 km	12,5 km	15 km	17,5 km	20 km	25 km	$\geq 30$ km
	Número de aterramentos padrão (5 hastes) para cada quilômetro de acordo com a extensão do neutro (vão médio de 35 metros, média de 4 ramais de UC por poste)									
4	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
8	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
11	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
15	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
19	6	2	2	2	2	2	2	2	2	2
23	11	2	2	2	2	2	2	2	2	2
26	16	2	2	2	2	2	2	2	2	2
30	21	2	2	2	2	2	2	2	2	2
34	26	4	2	2	2	2	2	2	2	2
38	31	6	2	2	2	2	2	2	2	2
45	—	11	2	2	2	2	2	2	2	2
53	—	16	4	2	2	2	2	2	2	2
60	—	21	8	2	2	2	2	2	2	2
64	—	24	9	2	2	2	2	2	2	2

## 7.2. Medição de Resistência de Aterramento

A medição da resistência de aterramento é feita através do método da queda de potencial e para tal é utilizado um equipamento específico denominado terrômetro.

### 7.2.1. Conceitos Básicos

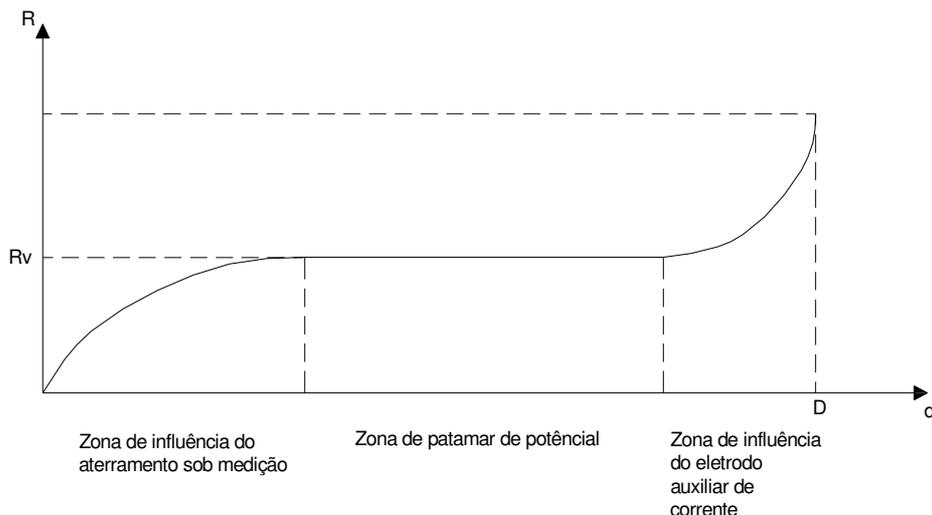
O método da queda de potencial consiste basicamente em fazer circular uma corrente através do aterramento em teste, utilizando um eletrodo auxiliar de corrente. Em seguida, mede-se a tensão entre o aterramento e o terra de referência (terra remoto) por meio de um eletrodo auxiliar de potencial, conforme indicado na figura abaixo:



Podem ocorrer variações na identificação nos bornes de cada aparelho, dependendo do fabricante. Por isso é necessário consultar não apenas esta Normativa, mas também o manual do fabricante antes de operar o equipamento.

No processo de medição, o eletrodo de potencial deve ser deslocado ao longo de uma direção predefinida, a partir da periferia do sistema de aterramento em teste, em intervalos regulares de 5% da distância  $d$ .

Ao registrar o valor da resistência em cada posição, obtém-se a curva de resistência em função da distância, conforme indicado na figura abaixo:



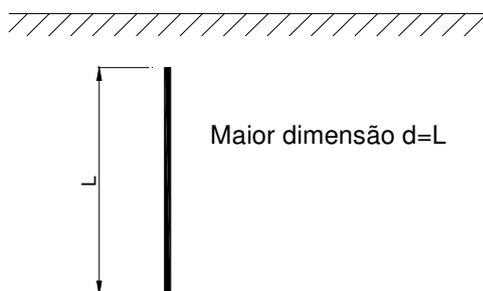
R: Resistência obtida variando a distância da sonda desde a distância  $d=D$  até  $d=0$  (o eletrodo a medir)  
 $R_v$ : Valor Verdadeiro do aterramento

O trecho horizontal (patamar) da curva obtida representa o valor da resistência de aterramento do sistema em teste.

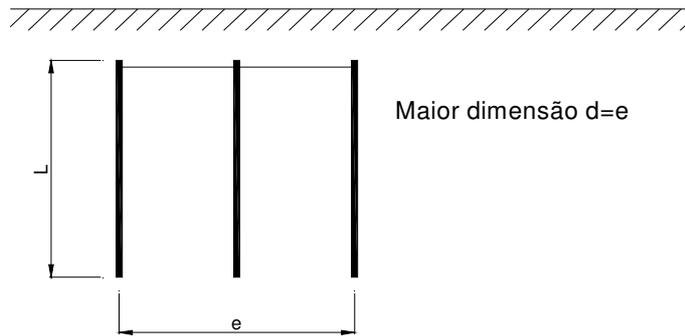
Para a verificação correta do trecho horizontal (patamar) da curva durante a aplicação do método da queda de potencial, o eletrodo de corrente H deve estar a uma distância  $d$  da periferia do sistema de aterramento em teste e a, pelo menos, três vezes da maior dimensão desse sistema.

A determinação da maior distância do sistema de aterramento a ser medido deve ser feita conforme os exemplos abaixo:

a - Sistema de aterramento composto de uma haste



b - Sistema de aterramento composto de n hastes alinhadas



Em sistemas de aterramentos cuja maior dimensão seja inferior a 10 metros e que estejam em solo homogêneo, o valor da resistência de aterramento pode ser determinado fixando o eletrodo auxiliar de tensão  $S$  a 62% do valor da distância  $d$ .

### 7.2.2. Materiais Utilizados

Os materiais a serem utilizados são os seguintes:

- a) medidor de resistência de aterramento (terrômetro);
- b) 2 hastes de 500 mm com diâmetro de 13 mm, para o eletrodo de tensão e de corrente auxiliar;
- c) trena;
- d) marreta de 2 kg;
- e) cabos para as interligações de comprimentos adequados;
- f) luvas de couro e de borracha.

### 7.2.3. Procedimentos para Atuação no Campo

Os eletrodos de prova (eletrodo de tensão e eletrodo de corrente auxiliar) deverão ser de hastes metálicas, limpas, isentas de gorduras e óxidos, e resistentes à corrosão.

Os cabos de interligação devem ter os comprimentos especificados no esquema de ligação e bitola

de 1,5 mm<sup>2</sup> ou 2,5 mm<sup>2</sup>, isolados para a tensão do terrômetro.

Com os materiais indicados, as ligações devem ser feitas conforme o esquema apresentado. Para aumentar a confiabilidade da medição, recomenda-se enterrar os eletrodos de prova a cerca de 40 cm de profundidade, alinhando-os com o aterramento a ser medido.

Após efetuar as ligações, ajustar o equipamento na faixa máxima de medição. Se o valor medido for muito inferior a essa escala, diminua a faixa até selecionar a mais próxima para obter melhor precisão.

O terrômetro deverá permanecer o mais próximo possível do aterramento a ser medido. O solo no local onde será cravada a haste correspondente ao eletrodo de corrente auxiliar deverá estar úmido e livre de pedras e cascalhos. Caso o solo nesse local esteja muito seco, poderá ser adicionada água ou solução de água e sal.

As conexões dos cabos ao aterramento a ser medido e aos eletrodos de prova deverão ser firmes e livres de gordura e ferrugens.

Para maiores detalhes de utilização e cuidados com o equipamento, o manual do fabricante deverá ser consultado.

#### 7.2.4. Segurança Durante as Medições da Resistência do Aterramento

Durante as medições da resistência de aterramento, é necessário desconectar do sistema a ser medido as ligações dos cabos de para-raios, os cabos de aterramento de transformadores e os equipamentos especiais, assim como os cabos de aterramento do neutro. Isso garante que o sistema a ser medido esteja completamente isolado da rede. Para assegurar a segurança dos operadores durante o desligamento desses cabos, devem ser tomadas as seguintes medidas de segurança:

- a) evitar realizar medições em condições atmosféricas adversas, devido ao risco de descargas atmosféricas;
- b) não tocar nos eletrodos nem na fiação durante a medição e evitar que pessoas não autorizadas e animais se aproximem do local;
- c) utilizar calçados e luvas com nível de isolamento compatível com os valores máximos de tensão que possam ocorrer no sistema de medição.

7.3. Histórico de Revisões

REVISÃO	DATA	HISTÓRICO DAS ALTERAÇÕES	RESPONSÁVEL
–	Maio de 1995	Emissão.	DD/DPSD/DVNE
1 <sup>a</sup>	Março de 2025	Título <u>de</u> – Aterramento de Equipamentos, Redes e Linhas; <u>para</u> – Aterramento de Redes de Distribuição. Conteúdo – na íntegra.	DDI/DPEP/DVEN