1. OBJETIVO

Estabelecer os procedimentos a serem seguidos nas medições das resistências de sistemas de aterramento instalados na rede de distribuição. Essas medições são necessárias para:

- verificar a adequação de novos sistemas e a precisão dos seus projetos;.
- detectar as alterações naturais ou provocadas em sistemas existentes;
- fornecer subsídio aos estudos de proteção contra sobrecorrentes e sobretensões;
- determinar as tensões de passo e toque envolvidas na instalação durante a ocorrência de surto ou falha;

2. ÂMBITO DE APLICAÇÃO

Esta Orientação Técnica se aplica as redes de distribuição das concessionárias de energia CPFL - Paulista e CPFL - Piratininga.

3. MÉTODO DE MEDIÇÃO

O método adotado na Distribuição da CPFL é o da queda de tensão utilizando o aparelho medidor de resistência de aterramento apropriado, conforme o ilustrado na figura 1.

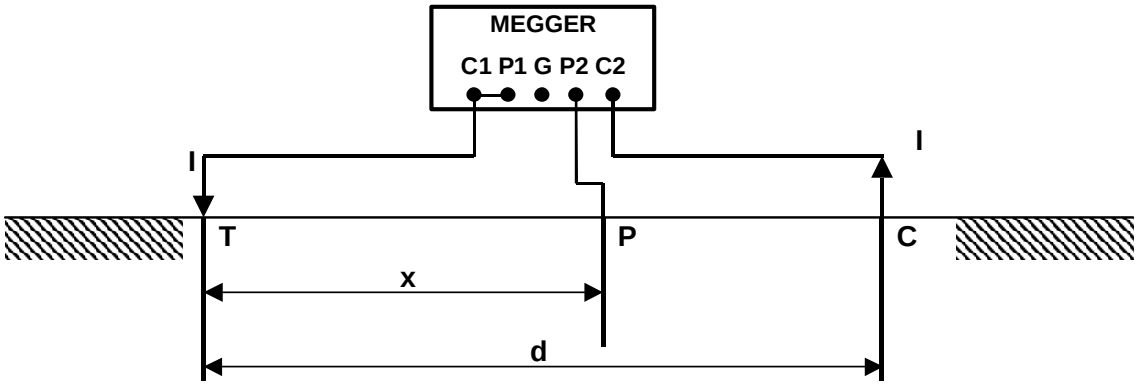

Figura 1

T = eletrodo em teste
P = eletrodo de tensão
C = eletrodo de corrente

IMPRESSÃO NÃO CONTROLADA

Este método consiste na aplicação de uma determinada corrente no sistema de aterramento em teste (T) fazendo-a circular através do eletrodo de corrente (C). A corrente I provocará a aparição de potenciais na superfície do solo. Esses potenciais são medidos através do eletrodo P. Os potenciais ao longo do trecho TC terão o aspecto da figura 2, assumindo, por conveniência, que o potencial em T é zero.

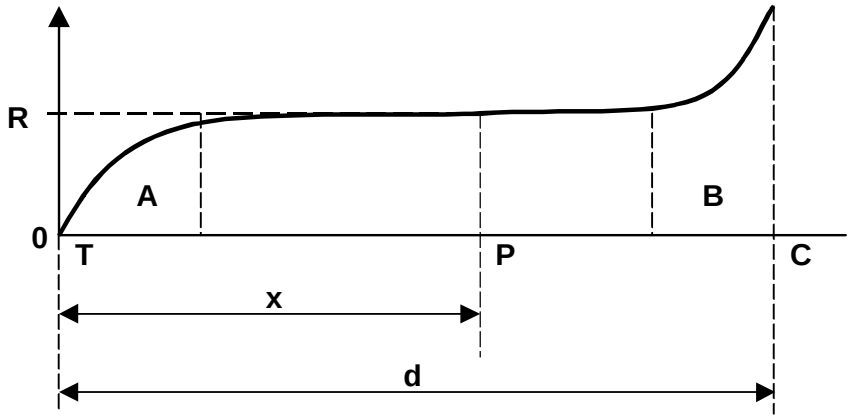

Figura 2

As resistências aparentes R = V/I ao longo do trecho TC terão a mesma configuração. A resistência do sistema de aterramento em teste é o valor em ohms do trecho da curva que tem valores constantes, constituindo um patamar.

Para se obter o valor real da resistência é preciso se instalar o eletrodo de potencial P fora das áreas de influência do sistema em teste (trecho A da curva) e do eletrodo de corrente (trecho B).

Comprova-se que o patamar é atingido quando :

X = 0,618 . d

A distância “d” deverá ser a maior possível para que o patamar seja formado com clareza.

Os valores práticos dos espaçamentos a serem utilizados estão indicados no item seguinte.

4. ESPAÇAMENTO ENTRE ELETRODOS

Os espaçamentos entre os eletrodos T, P e C da montagem indicada na figura 1, dependem da dimensão do sistema de aterramento a ser medido.

IMPRESSÃO NÃO CONTROLADA

A tabela I, a seguir, fornece os espaçamentos sugeridos para as configurações dos sistemas de aterramento mais usuais. Quando o espaço disponível no local não permitir tais distâncias, utilizar os espaçamentos mínimos da tabela II.

Nos casos especiais nos quais as configurações dos sistemas de aterramento não se assemelham a nenhuma das constantes dessas tabelas, pode ser utilizada a regra geral de que o eletrodo de corrente poderá ser instalado à uma distância igual a cinco vezes a maior dimensão ou diagonal do eletrodo, ou da malha.

Os valores indicados nas tabelas I e II foram montados com os seguintes dados :

- comprimento das hastes : 3 m
- diâmetro da haste : 0,016 m
- espaçamento entre hastes : 3 m

IMPRESSÃO NÃO CONTROLADA

TABELA I - ESPAÇAMENTOS SUGERIDOS ENTRE OS ELETRODOS DE PROVA

ELETRODO	ELETRODO DE TENSÃO (m)	ELETRODO DE CORRENTE (m)
1 haste	16	28
2 hastes emendadas	21	35
3 hastes emendadas	26	42
4 hastes emendadas	29	48
5 hastes emendadas	32	53
6 hastes emendadas	35	56
7 hastes emendadas	39	60
8 hastes emendadas	42	64
9 hastes emendadas	45	69
10 hastes emendadas	47	73
2 hastes //	21	35
3 hastes //	26	42
4 hastes //	29	48
2 x 2 hastes //	29	48
3 x 2 hastes //	35	56
4 x 2 hastes //	39	60
2 x 3 hastes //	35	56
3 x 3 hastes //	42	64
4 x 3 hastes //	49	76
3 hastes em △	26	42
4 hastes em □	29	48
6 hastes em ○	32	52
8 hastes em □	39	60
9 hastes em □	39	60
módulo básico OTD-604	29	48
Módulo básico + 4 módulos adicionais	42	64
Módulo básico + 8 módulos adicionas	50	80

IMPRESSÃO NÃO CONTROLADA

TABELA II - ESPAÇAMENTOS MÍNIMOS SUGERIDOS ENTRE OS ELETRODOS DE PROVA

ELETRODO	ELETRODO DE TENSÃO (m)	ELETRODO DE CORRENTE (m)
1 haste	06	10
2 hastes emendadas	10	17
3 hastes emendadas	15	24
4 hastes emendadas	19	31
5 hastes emendadas	18	30
6 hastes emendadas	18	31
7 hastes emendadas	20	30
8 hastes emendadas	17	28
9 hastes emendadas	18	32
10 hastes emendadas	16	28
2 hastes //	10	16
3 hastes //	13	22
4 hastes //	17	28
2 x 2 hastes //	18	29
3 x 2 hastes //	16	27
4 x 2 hastes //	18	30
2 x 3 hastes //	17	29
3 x 3 hastes //	16	28
4 x 3 hastes //	17	29
3 hastes em △	13	21
4 hastes em □	16	26
6 hastes em ○	17	29
8 hastes em □	16	27
9 hastes em □	18	31
Módulo básico OTD-604	17	28
Módulo básico + 4 módulos adicionais	16	27
Módulo básico + 8 módulos adicionas	16	28

5. PROCEDIMENTOS GERAIS PARA A MEDIÇÃO

5.1 - A medição da resistência de aterramento de sistemas novos deverá ser feita no momento da sua instalação quando o sistema não está ainda interligado ao condutor de descida no poste. Nesta situação poderão ser seguidos diretamente os procedimentos de campo indicados no item 6.

5.2 - A medição da resistência de aterramento em instalações já existentes e em funcionamento, deverá ser feita de acordo com o Anexo II, pois deverão ser tomados todos os cuidados para se evitar acidentes devido a passagem de

IMPRESSÃO NÃO CONTROLADA

qualquer corrente para a terra oriunda de possíveis surtos, vazamentos, desequilíbrio de neutro, etc. durante a medição.

5.3 - Devido à existência de diferentes modelos de aparelhos medidores de resistência de aterramento, todos de fácil manuseio, foge do escopo desta Orientação Técnica entrar no detalhe da sua operação, devendo para tanto ser utilizado o manual do próprio aparelho.

5.4 - Concomitantemente ou logo após a medição, devem ser preenchidos todos os campos do formulário MRA - Medição da Resistência de Aterramento descritos no Anexo I.

6. PROCEDIMENTOS DE CAMPO

6.1 - A montagem no campo deverá seguir o esquema de medição semelhante ao da figura 1, com as seguintes observações :

A - os espaçamentos entre eletrodos estão indicados nas tabelas I e II. Sugere-se, entretanto, usar sempre que possível os cabos de 50 m e 80 m, que servem para qualquer configuração de aterramento usada na Distribuição da CPFL. Os cabos adquiridos com o aparelho são: 2 cabos de 18 m, 2 cabos de 50 m e 1 cabo de 80 m;

B - as hastes de prova devem ser fincadas o mais profundo possível (aproximadamente 30 cm já que as hastes padronizadas medem 40 cm);

C - o alinhamento dos eletrodos (em teste, de tensão e de corrente) é desejável, porém, não rigorosamente necessário.

6.2 - Após realizar a medição adotando os espaçamentos estabelecidos nas tabelas I e II, realizar mais duas medições deslocando o eletrodo de tensão de uma distância “0,1d” em relação ao ponto da primeira, pois devem estar no patamar, de acordo com o explicado em item 3.

Se ocorrem diferenças sensíveis, será necessário aumentar as distâncias “d” e “x”.

IMPRESSÃO NÃO CONTROLADA

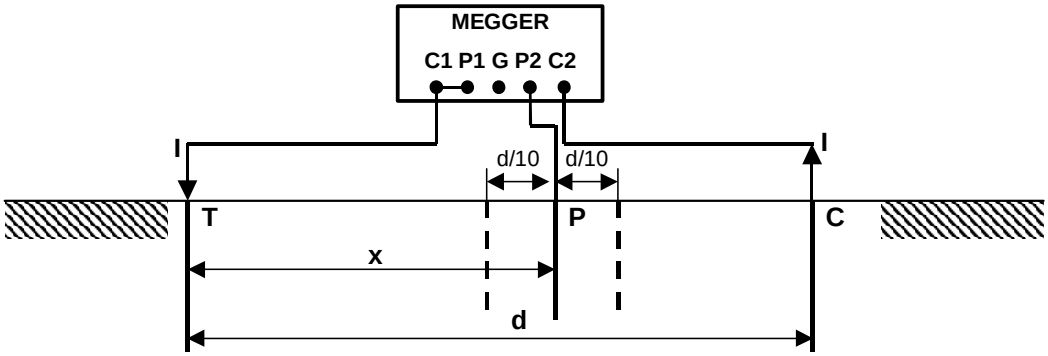

Figura 3

EXEMPLO : quando estiver sendo usado d = 80 m e x = 50 m, as novas medições deverão ser feitas aproximadamente em x = 42 m e x = 58 m.

6.3 - Se não se conseguir medições, tentando-se as várias escalas do equipamento, (considerando que o aparelho e a bateria estão em bom estado), será preciso verificar a resistência dos eletrodos de prova. Para testar a resistência do eletrodo de tensão basta trocar entre si, no aparelho, as conexões dos cabos que ligam o eletrodo em teste e o eletrodo de tensão (figura 4).
A resistência do eletrodo de tensão não poderá suplantar 1kΩ, qualquer que seja o equipamento usado.

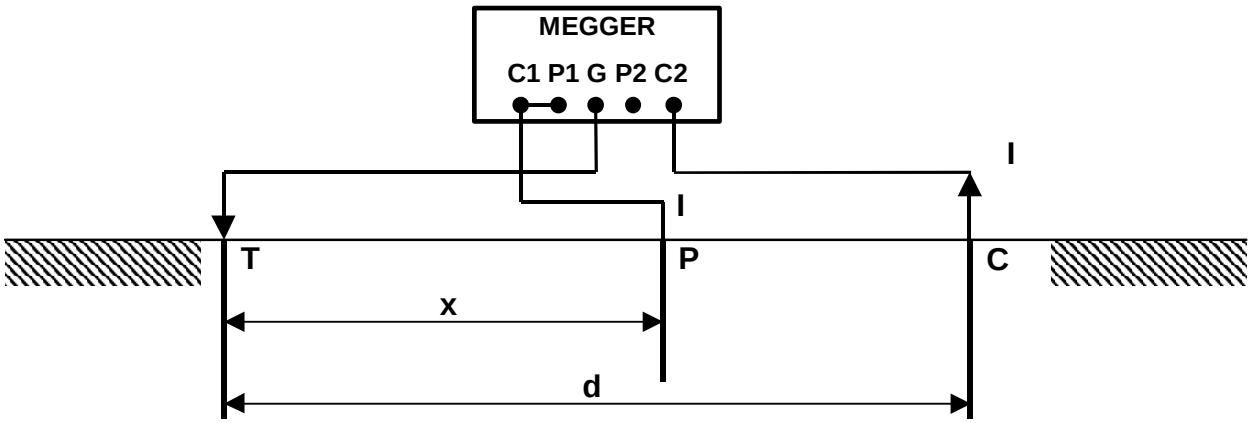

Figura 4

6.4 - Se forem notadas medições discrepantes ou a existência de interferências, outra medição deverá ser feita na direção perpendicular em relação a anterior.

6.5 - Nem sempre a existência de muros, pequenas edificações e outros obstáculos impedem a realização das medições. Muitas vezes esses obstáculos podem ser contornados ou suplantados pelos cabos permitindo fincar-se as hastes em locais aparentemente escondidos, montando-se assim o esquema da figura 1.

IMPRESSÃO NÃO CONTROLADA

7. SEGURANÇA

Algumas preocupações deverão ser tomadas para a execução das medições da resistência de aterramento sem se expor aos riscos de acidentes :

A - seguir atentamente as instruções do Anexo II, quando se tratar de instalação existente e em funcionamento, com o intuito de se evitar os riscos decorrentes da passagem de qualquer corrente para a terra oriunda de possíveis surtos, vazamentos e desequilíbrio de neutro durante a medição;

B - USAR AS LUVAS DE BORRACHA CLASSE 1 E EQUIPAMENTOS DE PROTEÇÃO NORMAIS;

C - manter o conjunto de medição (eletrodos de prova e em teste) isolados de corpos metálicos que poderão estar ligados a outros aterramentos.

D - As medições não poderão ser feitas durante ou logo após a ocorrência de chuva e ou trovoadas, nem em solos alagados ou encharcados.

IMPRESSÃO NÃO CONTROLADA

ANEXO I

ESPECIFICAÇÃO DO FORMULÁRIO
MEDIÇÃO DE RESISTÊNCIA DE ATERRAMENTO

1 - FINALIDADE

Coletar os dados de campo sobre a resistência ôhmica de um certo sistema de aterramento, bem como sua configuração e localização, para atender os objetivos desta OTD.

2 - OCASIÃO DA EMISSÃO

- Durante a instalação de novos sistemas de aterramento ou verificação de sistemas existentes, nas configurações e condições definidas na Orientação Técnica GED 185 "Aterramentos na Distribuição"

- É conveniente que o formulário seja preenchido no campo, durante a medição, para que nenhuma informação verificada no local seja esquecida.

3 - EMITENTE

Serviço de campo.

4 - PROCESSO DE EMISSÃO

Manuscrito.

5 - NUMERAÇÃO

Seqüencial e própria de cada órgão emitente.

6 - REFERÊNCIA

Em instalação nova, preencher com o número do formulário MRS – Medição da Resistividade do Solo, que originou o projeto.

7 - MODO DE PREENCHIMENTO

7.1 - CABEÇALHO

Auto-explicativo. Todos os campos deverão ser obrigatoriamente preenchidos para a perfeita identificação da instalação. A numeração e a referência serão conforme os itens 5 e 6 acima. As coordenadas UTM serão tiradas das plantas rurais (base IBGE).

IMPRESSÃO NÃO CONTROLADA

7.2 - CONDIÇÕES DO SOLO

Auto-explicativo. Lembrar que não é possível fazer a medição em locais alagados ou encharcados, nem durante ou imediatamente após chuvas e ou trovoadas (item 7 desta Orientação Técnica).

7.3 - VALOR MEDIDO

Preencher o segundo campo quando realizar medição na perpendicular.

7.4 - CONFIGURAÇÃO DO SISTEMA DE ATERRAMENTO

Os códigos das configurações padronizadas estão indicados no Anexo III.

7.5 - OBSERVAÇÕES

Preencher com informações importantes sobre o local e instalações, de interesse, quando for o caso.

IMPRESSÃO NÃO CONTROLADA

ANEXO II

MEDIÇÃO DA RESISTÊNCIA DE ATERRAMENTO EM ESTRUTURAS COM EQUIPAMENTOS DA CLASSE 15 kV JÁ INSTALADOS

1 - ORIENTAÇÕES BÁSICAS

1.1 – Recomenda-se que a medição da resistência de aterramento em estruturas com equipamentos de 15 kV já instalados, seja realizada com os mesmos desenergizados, inclusive os pára-raios. Esta medida visa a evitar acidentes devido à passagem de qualquer corrente para terra oriunda de possíveis surtos, vazamentos, desequilíbrios de neutro, etc. durante a medição.

Entende-se por desenergizado, o equipamento que não possui tensão em seus terminais e inexistência de corrente circulando por sua parte ativa.

1.2 - As medições de resistência de aterramento na rede de distribuição urbana, estão definidas na Orientação Técnica GED 185, e serão feitas na época da instalação do equipamento. Deve-se tomar o cuidado de efetuar a medição no momento da instalação do aterramento, quando o equipamento estará desernegizado e o condutor de descida desconectado do terra.

1.3 - Depois do equipamento instalado as medições deverão ser feitas, preferencialmente, aproveitando-se desligamentos programados para obras ou manutenções, quando os procedimentos se tornam mais simples e podem, de um modo geral, ser resumidos em:

- desligamento da linha primária e aterramento temporário conforme normas específicas;

- desconexão do condutor de descida do aterramento das ligações com o neutro da rede e/ou neutro do consumidor;

- medição da resistência de aterramento.

1.4 - As medições de resistência de aterramento em equipamentos energizados, instalados na rede rural, poderão ser realizadas desde que observadas as orientações do item 2 deste anexo.

IMPRESSÃO NÃO CONTROLADA

2 – MEDIÇÃO DE RESISTÊNCIA DE ATERRAMENTO EM EQUIPAMENTOS ENERGIZADOS – REDE RURAL

Considerando-se o crescente grau de dificuldade em se conseguir o desligamento das linhas primárias, a orientação que segue é uma alternativa para realizar a medição da resistência de aterramento, conservando sob controle os riscos inerentes.

2.1 – Método de medição

Para que as medições sejam executadas com segurança, indica-se:

- medição da corrente de fuga à terra pelo cabo de descida de aterramento (ponto 1 – figura 1), realizada com o medidor tipo alicate (AEMC) ou através de um TC tipo grampo para medições de baixas correntes adaptável ao multímetro digital. A corrente de fuga de pára-raios de ZnO é da ordem de 0,25 a 6 mA. Em instalação com 6 pára-raios, essa corrente pode variar de 1,5 a 36 mA. Em pára-raios de SiC, a corrente de fuga é da ordem de 300 μA, sendo que valores maiores que estes indicam problema em alguma unidade. Esta tarefa deve ser executada antes do início da medição da resistência de aterramento. Se algum pára-raios estiver avariado, providenciar a substituição e, só após isto, dar continuidade às medições.

- inclusão de 1 pára-raios de baixa tensão e um disjuntor, de forma a proteger o usuário e o equipamento de medição. A especificação desses materiais estão no item 2.2 e a sua montagem está indicada no item 2.3.

O disjuntor deve ser mantido aberto até que as hastes sejam colocadas e os cabos esticados, devendo ser fechado apenas durante a medição. Para se mudar a posição das hastes ou dos cabos o disjuntor deve ser novamente aberto.

Proceder a medição da resistência de aterramento conforme capítulo 6 desta orientação técnica. Não há necessidade de desconectar os pára-raios e nem de seccionar o cabo de descida de aterramento.

IMPRESSÃO NÃO CONTROLADA

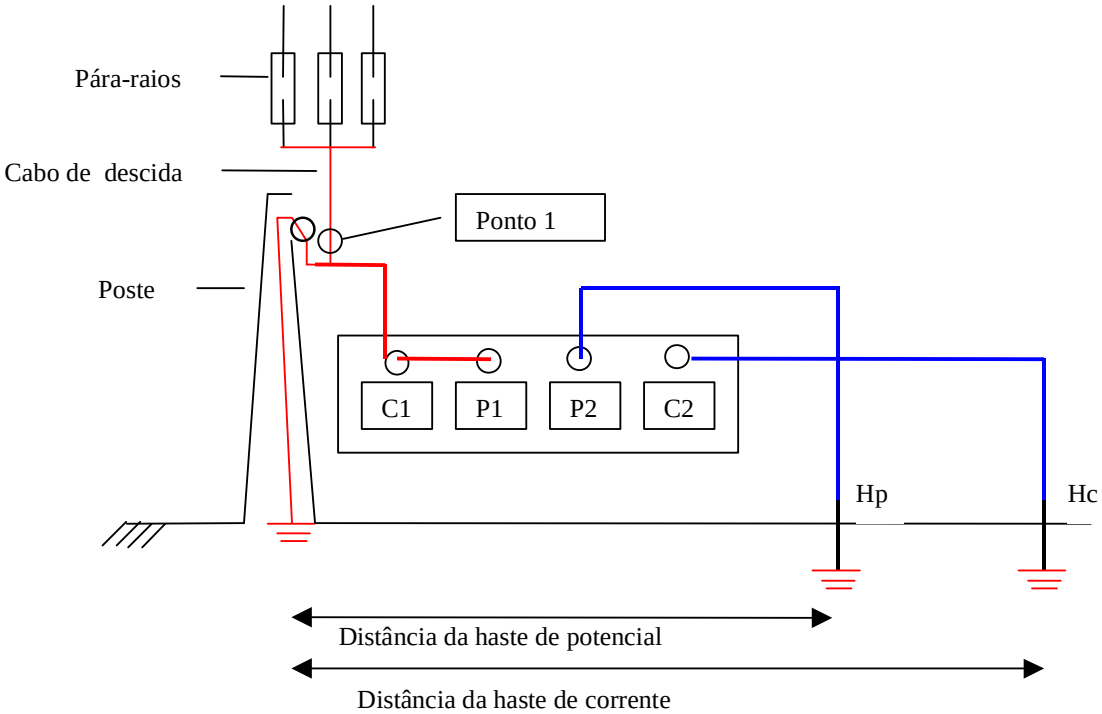

Figura 1 – Configuração para medição

2.2 – Acessórios

A seguir são relacionados os acessórios utilizados para a medição de resistência de aterramento em redes de distribuição rural energizadas.

- Pára-raios
  - Quantidade: 1
  - Tensão Nominal: 175 Vrms
  - Tensão disruptiva (60 Hz): 280 Vrms
  - Tensão disruptiva (impulso): 1500 V
  - Tensão residual máxima para impulso de corrente 8/20 μs: 990 Vpico / 075 kA, 1050 Vpico / 1,5 kA, 1200 Vpico / 3 kA

Figura 2 – Pára-raios de BT

IMPRESSÃO NÃO CONTROLADA

- Disjuntor
  - Quantidade: 1
  - Capacidade: 15 A

2.3 Montagem

A figura 3 ilustra a forma de conexão dos pára-raios de baixa tensão ao medidor de resistência de aterramento.

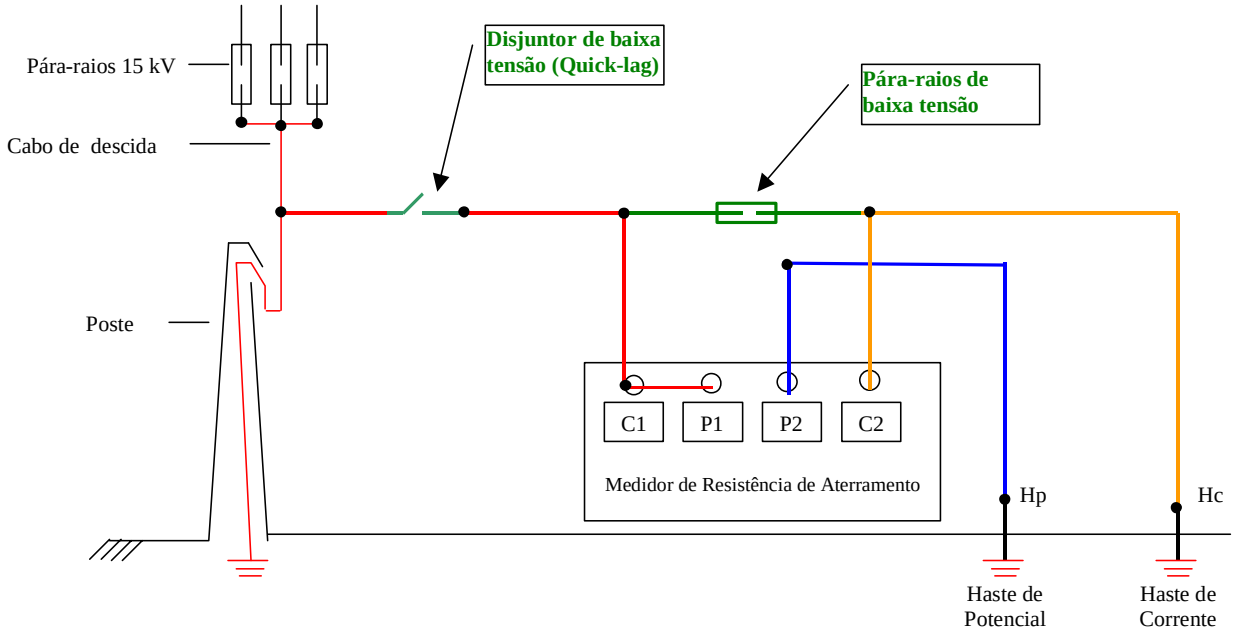

Figura 3 - Montagem dos acessórios

Os pára-raios e disjuntor podem ser adquiridos em lojas de materiais elétricos e podem ser abrigados em uma caixa, de forma a facilitar o transporte e seu uso em campo.

Os itens de segurança do capítulo 7 desta instrução devem continuar sendo seguidos.

IMPRESSÃO NÃO CONTROLADA

ANEXO III

CÓDIGOS DOS SISTEMAS DE ATERRAMENTO PADRONIZADOS

CONFIGURAÇÃO DO ATERRAMENTO	TAMANHO DAS HASTES / PROFUNDIDADE (METROS)	CÓDIGO
1 haste	3	1 H 3M
1 haste	6	1 H 6M
1 haste	9	1 H 9M
Especial com neutro (urbano)	3	ESPU
Especial rural – módulo básico	3	MB 3 M
Especial rural – módulo básico	6	MB 6 M
Especial rural – módulo básico	9	MB 9 M
Módulo básico + 1 módulo adicional	3	MB + 1 MA
Módulo básico + 2 módulos adicionais	3	MB + 2 MA
Módulo básico + 4 módulos adicionais	3	MB + 4 MA
Módulos básicos + 8 módulos adicionais	3	MB + 8 MA
Aterramento profundo	12	AP 12 M
Aterramento profundo	20	AP 20 M
Aterramento profundo	30	AP 30 M

IMPRESSÃO NÃO CONTROLADA