
 Público	Tipo de Documento: Orientação Técnica
	Área de Aplicação: Engenharia de Normas e Padrões
	Título do Documento: Medida da Resistência de Aterramento

Sumário

1. OBJETIVO	2
2. ÂMBITO DE APLICAÇÃO.....	2
2.1 Empresa	2
2.2 Área	2
3. DEFINIÇÕES	2
3.1 Métodos de Medição de Aterramento	2
3.1.1 Alicates terrômetro.....	2
3.1.2 Método da queda de tensão	2
3.1.3 Procedimentos de campo	7
4. DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA	9
5. RESPONSABILIDADES	9
6. REGRAS BÁSICAS	9
6.1 Precauções ao se medir resistência de terra.....	9
7. CONTROLE DE REGISTROS	10
8. ANEXOS	10
9. REGISTRO DE ALTERAÇÕES	16
9.1 Colaboradores.....	16
9.2 Alterações	16

N.Documento:	Categoria:	Versão:	Aprovado por:	Data Publicação:	Página:
700	Instrução	1.6	JOSE CARLOS FINOTO BUENO	26/05/2021	1 de 17

 Público	Tipo de Documento: Orientação Técnica
	Área de Aplicação: Engenharia de Normas e Padrões
	Título do Documento: Medida da Resistência de Aterramento

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 sobre correntes e sobre tensões;
- Determinar as tensões de passo e toque envolvidas na instalação durante a ocorrência de surto ou falha.

2. ÂMBITO DE APLICAÇÃO

2.1 Empresa

Distribuidoras do Grupo CPFL Energia.

2.2 Área

Engenharia, Suprimentos, Operações de Campo, Obras e Manutenção e Gestão de Ativos.

3. DEFINIÇÕES

3.1 Métodos de Medição de Aterramento

3.1.1 Alicate terrômetro

Uma das opções para medição de resistência de aterramento em sistemas constituídos por hastes ou pequenas malhas, interligados a sistemas elétricos multi-aterrados, sem a necessidade de desconectar o aterramento a ser medido e sem utilizar hastes auxiliares, é através do alicate terrômetro - vide suas características no GED 150.

Para a funcionalidade “elemento terra interrompido”, o equipamento é eficiente. Para a funcionalidade “medição de resistência de terra”, criar um histórico em banco de dados, para avaliação e validação da confiabilidade das medições.

3.1.2 Método da queda de tensão

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

N.Documento:	Categoria:	Versão:	Aprovado por:	Data Publicação:	Página:
700	Instrução	1.6	JOSE CARLOS FINOTO BUENO	20/05/2021	2 de 17

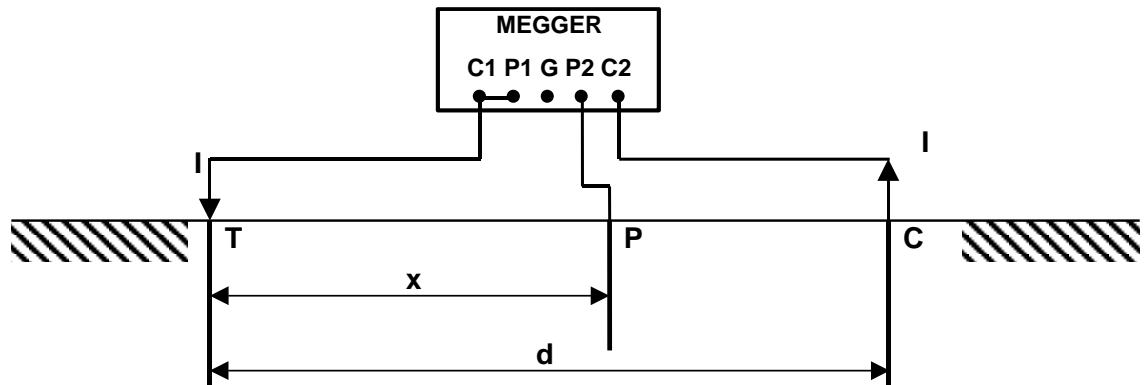


Figura 1

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

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.

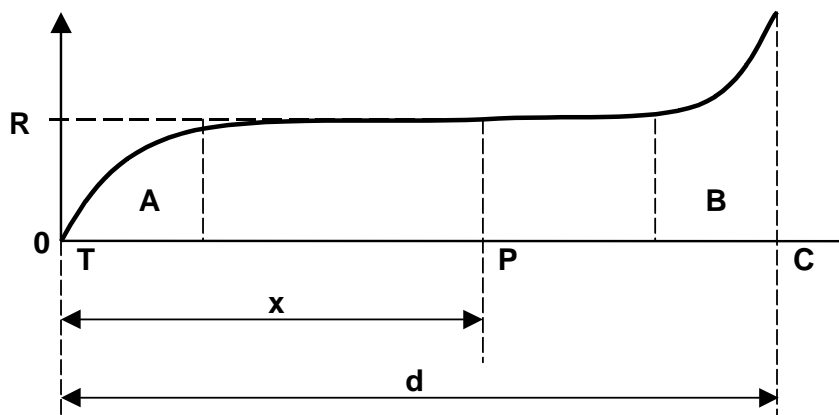



Figura 2

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.

 Público	Tipo de Documento: Orientação Técnica
	Área de Aplicação: Engenharia de Normas e Padrões
	Título do Documento: Medida da Resistência de Aterramento

Para se obter o valor real da resistência é preciso 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:

$$X = 0,618 \cdot d$$

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.

3.1.2.1 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.

A tabela I, 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: 3m;
- Diâmetro da haste: 0,016m;
- Espaçamento entre hastes: 3m.

N.Documento:	Categoria:	Versão:	Aprovado por:	Data Publicação:	Página:
700	Instrução	1.6	JOSE CARLOS FINOTO BUENO	26/05/2021	4 de 17

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 adicionais	50	80

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 adicionais	16	28

 Público	Tipo de Documento: Orientação Técnica
	Área de Aplicação: Engenharia de Normas e Padrões
	Título do Documento: Medida da Resistência de Aterramento

3.1.2.2 Procedimentos gerais para a medição

- 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 3.1.3.
- 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 qualquer corrente para a terra oriunda de possíveis surtos, vazamentos, desequilíbrio de neutro, etc. durante a medição.
- 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.
- Concomitantemente ou logo após a medição, devem ser preenchidos todos os campos do formulário MRA - Medição da Resistência de Aterramento descritos no Anexo I.

3.1.3 Procedimentos de campo

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

- Os espaçamentos entre eletrodos estão indicados nas tabelas I e II. Sugere-se, entretanto, usar sempre que possível os cabos de 50m e 80m, que servem para qualquer configuração de aterramento usada na Distribuição da CPFL. Os cabos adquiridos com o aparelho são: 2 cabos de 18m, 2 cabos de 50m e 1 cabo de 80m;
- As hastes de prova devem ser fincadas o mais profundo possível (aproximadamente 30cm já que as hastes padronizadas medem 40cm);
- O alinhamento dos eletrodos (em teste, de tensão e de corrente) é desejável, porém, não rigorosamente necessário.

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 no item 3.1.2.

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

N.Documento:	Categoria:	Versão:	Aprovado por:	Data Publicação:	Página:
700	Instrução	1.6	JOSE CARLOS FINOTO BUENO	26/05/2021	7 de 17

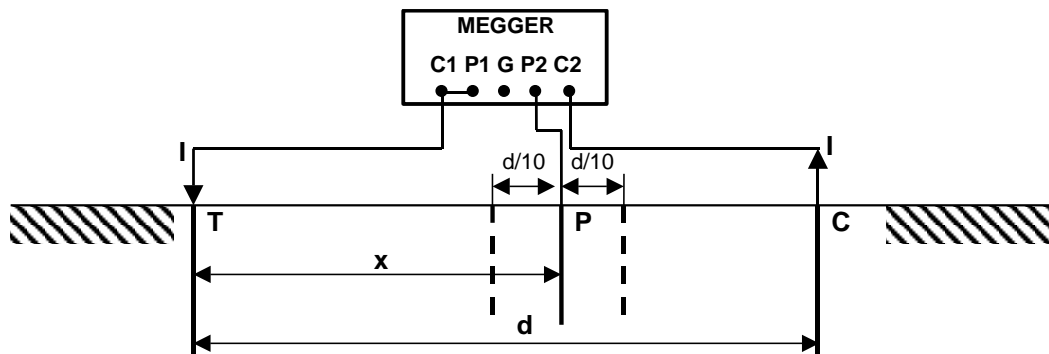


Figura 3

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

3.1.3.3 - 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 suplantiar $1\text{k}\Omega$, qualquer que seja o equipamento usado.

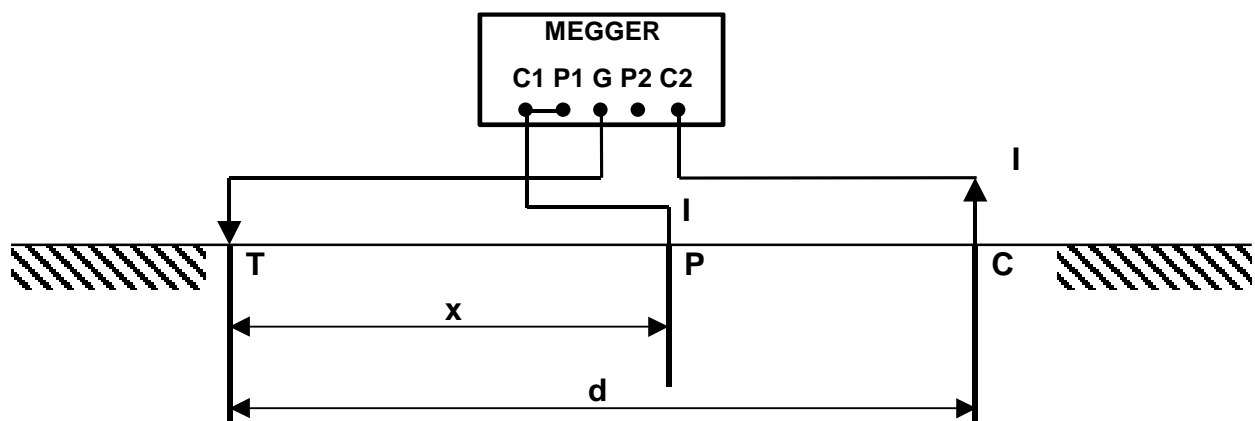



Figura 4

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

 Público	Tipo de Documento: Orientação Técnica
	Área de Aplicação: Engenharia de Normas e Padrões
	Título do Documento: Medida da Resistência de Aterramento

3.1.3.5 - 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.

4. DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA

- GED 185 – Aterramento de Redes de Distribuição;
- GED 3613 – Aterramento Montagem;
- GED 17464 – Aterramento de Redes de Distribuição com Poste Auto Aterrado;
- GED 150 – ET Alicates Terrometro;
- GED 153 – Medida de Resistencia de Terra.

5. RESPONSABILIDADES

A área de Engenharia de Normas e Padrões das distribuidoras do Grupo CPFL é a responsável pela publicação deste documento.


6. REGRAS BÁSICAS

6.1 Precauções ao se medir resistência de terra

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 NO RMAIS;
- 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.

N.Documento:	Categoria:	Versão:	Aprovado por:	Data Publicação:	Página:
700	Instrução	1.6	JOSE CARLOS FINOTO BUENO	20/05/2021	9 de 17

 Público	Tipo de Documento: Orientação Técnica
	Área de Aplicação: Engenharia de Normas e Padrões
	Título do Documento: Medida da Resistência de Aterramento

7. CONTROLE DE REGISTROS

Não se aplica.

8. ANEXOS

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 orientação técnica.

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 “Aterramento de Redes de Distribuição”

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

3- EMITENTE

Operação de Campo.

4- PROCESSO DE EMISSÃO

Manuscrito.


5- NUMERAÇÃO

Sequencial 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.

N.Documento:	Categoria:	Versão:	Aprovado por:	Data Publicação:	Página:
700	Instrução	1.6	JOSE CARLOS FINOTO BUENO	20/05/2021	10 de 17

 Público	Tipo de Documento: Orientação Técnica
	Área de Aplicação: Engenharia de Normas e Padrões
	Título do Documento: Medida da Resistência de Aterramento

7- MODO DE PREENCHIMENTO

7.1- CABEÇALHO

Autoexplicativo. 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 obtidas na base rural GISD (base IBGE).

7.2- CONDIÇÕES DO SOLO

Autoexplicativo. 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.

N.Documento:	Categoria:	Versão:	Aprovado por:	Data Publicação:	Página:
700	Instrução	1.6	JOSE CARLOS FINOTO BUENO	26/05/2021	11 de 17

 Público	Tipo de Documento: Orientação Técnica
	Área de Aplicação: Engenharia de Normas e Padrões
	Título do Documento: Medida da Resistência de Aterramento

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 desenergizado e o condutor de descida desconectado da 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.

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.

N.Documento:	Categoria:	Versão:	Aprovado por:	Data Publicação:	Página:
700	Instrução	1.6	JOSE CARLOS FINOTO BUENO	20/05/2021	12 de 17

 Público	Tipo de Documento: Orientação Técnica
	Área de Aplicação: Engenharia de Normas e Padrões
	Título do Documento: Medida da Resistência de Aterramento

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 5), 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 μ A, 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 está 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.

N.Documento:	Categoria:	Versão:	Aprovado por:	Data Publicação:	Página:
700	Instrução	1.6	JOSE CARLOS FINOTO BUENO	26/05/2021	10 de 17

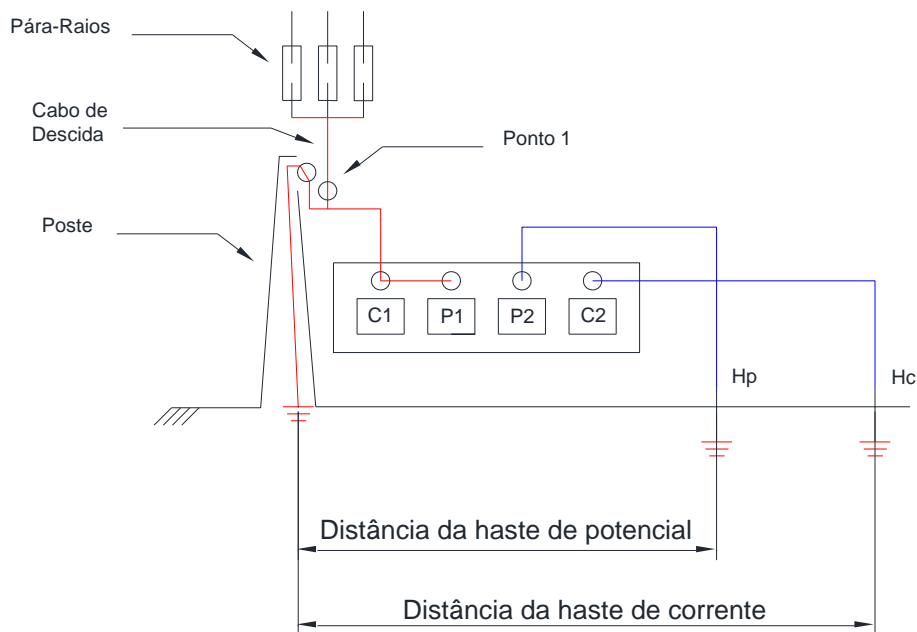


Figura 5 - Configuração para medição

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 μ s: 990 Vpico / 075 kA, 1050 Vpico / 1,5 kA, 1200 Vpico / 3 kA



Figura 6 - Pára-raios de BT

- Disjuntor
- Quantidade: 1
- Capacidade: 15 A

2.3- MONTAGEM

A figura 7 ilustra a forma de conexão dos pára-raios de baixa tensão ao medidor de resistência de aterramento.

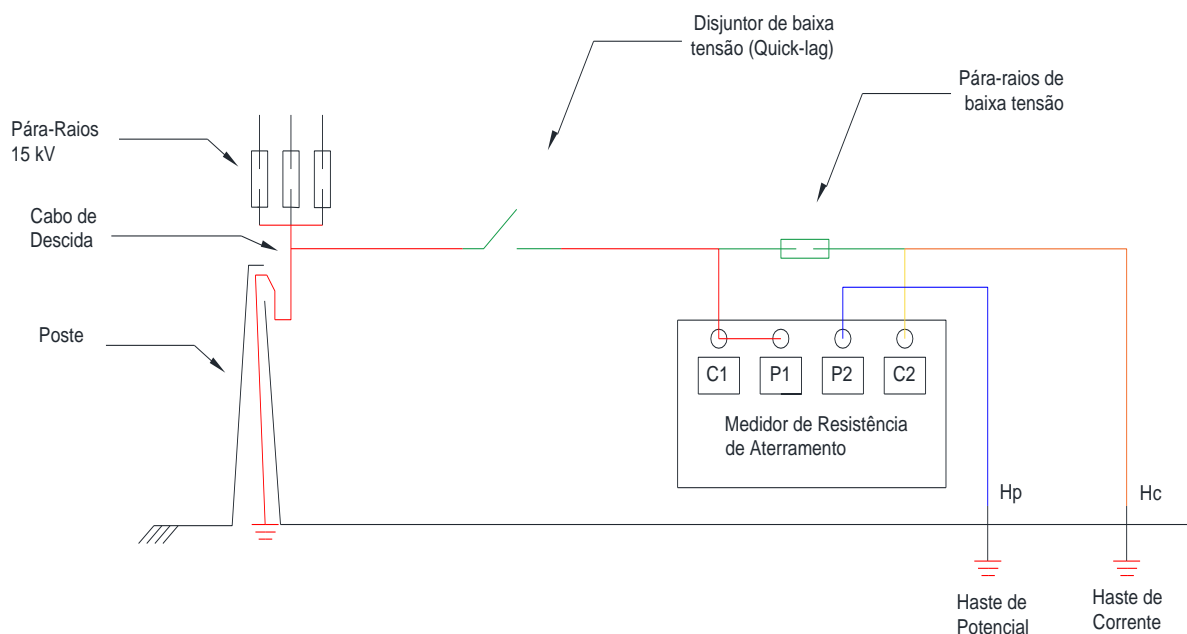



Figura 7 - Montagem dos acessórios

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 6 desta instrução devem continuar sendo seguidos.

 Público	Tipo de Documento: Orientação Técnica
	Área de Aplicação: Engenharia de Normas e Padrões
	Título do Documento: Medida da Resistência de Aterramento

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

9. REGISTRO DE ALTERAÇÕES

Este documento foi revisado com a colaboração dos seguintes profissionais das empresas da CPFL Energia:

9.1 Colaboradores

Empresa	Área	Nome
CPFL Piratininga	REDN	Antonio Carlos de Almeida Cannabrava
CPFL Santa Cruz	REDN	Marcio de Castro Mariano Silva

9.2 Alterações

Alterações efetuadas:

N.Documento:	Categoria:	Versão:	Aprovado por:	Data Publicação:	Página:
700	Instrução	1.6	JOSE CARLOS FINOTO BUENO	26/05/2021	16 de 17



Público

Tipo de Documento: **Orientação Técnica**
Área de Aplicação: **Engenharia de Normas e Padrões**
Título do Documento: **Medida da Resistência de Aterramento**

Versão anterior	Data da versão anterior	Alterações em relação à versão anterior
1.2	02/04/2007	Unificação/revisão desta orientação técnica para a CPFL Paulista, CPFL Piratininga, CPFL Santa Cruz e CPFL Jaguariúna.
1.3	26/02/2009	Acerto no cabeçalho.
1.4	04/03/2009	Unificação/revisão desta orientação técnica para a CPFL Paulista, CPFL Piratininga, CPFL Santa Cruz, CPFL Jaguariúna e RGE.
1.5	18/03/2009	A formatação foi atualizada conforme norma interna vigente.

N.Documento:	Categoria:	Versão:	Aprovado por:	Data Publicação:	Página:
700	Instrução	1.6	JOSE CARLOS FINOTO BUENO	20/05/2021	17 de 17