

COPEL DISTRIBUIÇÃO

SEE – SUPERINTENDÊNCIA DE ENGENHARIA DE EXPANSÃO

**DERG – DEPARTAMENTO DE EXPANSÃO DE REDES E GERENCIAMENTO DE
INFRAESTRUTURA DA DISTRIBUIÇÃO**

MANUAL DE INSTRUÇÕES TÉCNICAS

PASTA : Projetos e Fiscalização de Obras de Distribuição

TÍTULO : Fiscalização de Obras de Distribuição



MÓDULO : Aterramento de Redes de Distribuição

Órgão emissor : SEE/DERG

Número: 163104



Data da última revisão: 08/11/2018

Data de publicação: 12/02/2019

 COPEL Distribuição	MANUAL DE INSTRUÇÕES TÉCNICAS - MIT		 PARANÁ GOVERNO DO ESTADO	Título	Módulo	Folha
	TÍTULO: Fiscalização de Obras de Distribuição			31	04	1
	MÓDULO: Aterramento de Redes de Distribuição			Versão	Data	
				2.1	08.11.2018	



INTRODUÇÃO

Este Manual de Instruções Técnicas, em consonância com os padrões definidos nas Normas Brasileiras Registradas - NBR, da Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT e, das práticas da COPEL, estabelece procedimentos quanto ao aterramento de equipamentos, redes e linhas de distribuição de energia elétrica até 34,5 kV.



	MANUAL DE INSTRUÇÕES TÉCNICAS - MIT			Título	Módulo	Folha
	TÍTULO: Fiscalização de Obras de Distribuição			31	04	2
	MÓDULO: Aterramento de Redes de Distribuição			Versão	Data	
				2.1	08.11.2018	

ÍNDICE

1 - FINALIDADE	4
2 - CONSIDERAÇÕES GERAIS	4
3 - TIPOS DE ATERRAMENTO	5
3.1 - Aterramento da Baixa Tensão	5
3.1.1 - Aterramento do Neutro da Rede Urbana	5
3.1.2 - Aterramento do Neutro da Rede Rural	5
3.1.3 - Aterramento do Terminal de Ligação do Neutro do Transformador Urbano	5
3.1.4 - Aterramento do Terminal de Ligação do Neutro do Transformador Rural	6
3.1.5 - Aterramento do Terminal de Ligação do Neutro do Transformador em Estrutura para Atendimento a Edifício de Uso Coletivo	6
3.2 - Aterramento das Massas dos Equipamentos	7
3.3 - Aterramento da Alta Tensão	12
3.3.1 - Aterramento do Mensageiro da Rede Compacta Protegida	13
3.3.2 - Resistência Máxima de Aterramento	13
3.4 - Aterramento de Consumidores	14
3.4.1 - Consumidores Atendidos em Baixa Tensão	14
3.4.2 - Consumidores Atendidos em Alta Tensão	15
3.5 - Aterramento de Cercas	16
3.5.1 - Cercas Transversais à Rede de Distribuição	16
3.5.2 - Cercas Paralelas à Rede de Distribuição	18
3.5.3 - Porteiras Transversais ou Paralelas à Rede de Distribuição	19
3.5.4 - Parreirais e Assemelhados sob a Rede de Distribuição	21
3.6 - Aterramento de Estais	21
3.7 - Aterramento Temporário	24
3.7.1 - Aterramento Temporário para Rede Secundária Isolada	24
3.7.2 - Aterramento Temporário para Rede Compacta Protegida	24
4 - EXECUÇÃO DE ATERRAMENTO	25
4.1 - Materiais e Equipamentos Utilizados	25
4.2 - Execução da Conexão Fio/Fio	27
4.3 - Execução da Conexão Haste/Fio	27
4.4 - Execução da Conexão Haste/Haste	28
4.4.1 - Recomendações para Execução da Soldagem	29
4.5 - Execução da Malha	30
4.5.1 - Primeira Haste	30
4.5.2 - Haste Profunda	30
4.5.3 - Hastes Paralelas	32
4.5.4 - Aterramento Remoto	34
5 - MEDIÇÃO DA RESISTÊNCIA DE ATERRAMENTO	35
5.1 - Instalação do Aparelho	36

 COPEL Distribuição	MANUAL DE INSTRUÇÕES TÉCNICAS - MIT		 PARANÁ GOVERNO DO ESTADO	Título	Módulo	Folha
	TÍTULO: Fiscalização de Obras de Distribuição			31	04	3
	MÓDULO: Aterramento de Redes de Distribuição			Versão	Data	
				2.1	08.11.2018	

5.2 - Determinação do Valor da Resistência de Terra	36
5.3 - Precauções de Segurança	37
6 - QUADRO DE REVISÕES DO DOCUMENTO	38
7 - APROVAÇÃO	38

 COPEL Distribuição	MANUAL DE INSTRUÇÕES TÉCNICAS - MIT		 PARANÁ GOVERNO DO ESTADO	Título	Módulo	Folha
	TÍTULO: Fiscalização de Obras de Distribuição			31	04	4
	MÓDULO: Aterramento de Redes de Distribuição			Versão	Data	
				2.1	08.11.2018	

1 - FINALIDADE

Este manual tem a finalidade de uniformizar os procedimentos de execução, medição e inspeção dos serviços de aterramento de redes aéreas de distribuição de energia elétrica, bem como padronizar os materiais e equipamentos empregados na execução dos aterramentos.

Aplicam-se estes procedimentos nas construções de Redes de Distribuição Urbana, Rural, Compacta Protegida, Secundária Isolada, Linhas de Distribuição até 34,5 kV - NBI 170 kV e Estruturas de Redes para Atendimento a Edifícios de Uso Coletivo.

2 - CONSIDERAÇÕES GERAIS

O sistema de aterramento é um fator preponderante para o bom desempenho e segurança do sistema elétrico ao qual está conectado, por isso deve ter confiabilidade e qualidade compatíveis com o sistema elétrico.

Basicamente, o aterramento deve apresentar os seguintes requisitos:



- Capacidade de condução de corrente.
- Valor de resistência invariável com as condições climáticas.
- Tempo de vida útil compatível com a vida do sistema a ser protegido.
- Proporcionar segurança ao pessoal e aos equipamentos aos quais foi eletricamente conectado.

As instruções contidas neste Manual, referem-se a aterramentos executados pelo método convencional (tentativas), ou seja, a resistência do aterramento é medida a cada haste cravada ao solo, não sendo portanto elaborado o projeto específico para cada aterramento.

O aterramento da rede de distribuição deve estar em estrutura separada do aterramento da rede de telecomunicação.

Na aplicação deste Manual deverão ser observadas:

- As Normas Técnicas Copel - NTCs
 - NTC 856000/830 - Montagem de Redes de Distribuição Aérea
 - NTC 855000/190 - Montagem de Redes de Distribuição Compacta Protegida
 - NTC 855210/235 - Montagem de Redes de Distribuição Secundária Isolada
 - NTC 857000/094 - Estruturas de Redes para Atendimento a Edifícios de Uso Coletivo
 - NTC 901100 - Fornecimento em Tensão Secundária de Distribuição
 - NTC 903100 - Fornecimento em Tensão Primária de Distribuição
 - NTC 901110 - Atendimento a Edificações de Uso Coletivo
 - NTC 841001 - Projeto de Redes de Distribuição Urbana
 - NTC 831001 - Projeto de Redes de Distribuição Rural
 - NTC 841100 - Projeto de Redes de Distribuição Compacta Protegida
 - NTC 841200 - Projeto de Redes de Distribuição Secundária Isolada

 COPEL Distribuição	MANUAL DE INSTRUÇÕES TÉCNICAS - MIT		Título	Módulo	Folha
	TÍTULO: Fiscalização de Obras de Distribuição		31	04	5
	MÓDULO: Aterramento de Redes de Distribuição		Versão	Data	
			2.1	08.11.2018	

b) Os Manuais de Instruções Técnicas Copel - MITs
MIT 162401 - Proteção de Redes de Distribuição contra Sobretensão – Aplicação de Para-raios
MIT 163101 - Procedimentos para Execução de Obras

c) As Circulares, Notificações e Avisos COPEL que disciplinam a aplicação na área de concessão da COPEL e as demais NTCs e MITs que sirvam de complemento para a perfeita aplicação deste Manual.

3 - TIPOS DE ATERRAMENTO

3.1 - Aterramento da Baixa Tensão

3.1.1 - Aterramento do Neutro da Rede Urbana

O aterramento da baixa tensão nas redes de distribuição urbana, consiste basicamente no aterramento do neutro da rede secundária com cabos nus e do neutro (mensageiro) da rede secundária isolada, e deve satisfazer os seguintes requisitos:

- O aterramento do neutro da baixa tensão deve ser contínuo e efetivado ao longo da rede (multi-aterramento) a cada 150 m, com uma única haste, de maneira sólida e permanente.
- O neutro da baixa tensão deve ser sempre aterrado em todo fim de rede secundária, desde que, o condutor neutro não esteja aterrado no poste imediatamente anterior.

Nota: O neutro da rede secundária não deve ser interligado ao aterramento da cabina de edifício de uso coletivo.



3.1.2 - Aterramento do Neutro da Rede Rural

O aterramento da baixa tensão nas redes de distribuição rural, consiste basicamente no aterramento do neutro da rede secundária com cabos nus e do neutro (mensageiro) da rede secundária isolada, e deve satisfazer os seguintes requisitos:

- O aterramento do neutro da baixa tensão deve ser contínuo, separado e isolado do aterramento da alta tensão. Neste caso, para garantir este isolamento, o aterramento do neutro deve ser feito em postes adjacentes ao do transformador com uma única haste de maneira sólida e permanente e ficar a mais de 10 m da malha de aterramento da alta tensão.
- O neutro da baixa tensão deve ser sempre aterrado em todo fim de rede secundária, desde que, o condutor neutro não esteja aterrado no poste imediatamente anterior.

3.1.3 - Aterramento do Terminal de Ligação do Neutro do Transformador Urbano

O aterramento do terminal de ligação do neutro da baixa tensão do transformador deve ser conectado ao aterramento da alta tensão (para-raios, tanque do transformador, estai a ele interligado, mensageiro da rede compacta) e ligado a uma única haste, de maneira sólida e permanente.

 COPEL Distribuição	MANUAL DE INSTRUÇÕES TÉCNICAS - MIT			Título	Módulo	Folha
	TÍTULO: Fiscalização de Obras de Distribuição			31	04	6
	MÓDULO: Aterramento de Redes de Distribuição			Versão	Data	
				2.1	08.11.2018	

3.1.4 - Aterramento do Terminal de Ligação do Neutro do Transformador Rural

O aterramento do terminal de ligação do neutro da baixa tensão do transformador deve ser separado e isolado do aterramento da alta tensão (para-raios, tanque do transformador, estai a ele interligado, mensageiro da rede compacta). Não deve ser ligado na malha do transformador e sim no aterramento localizado, conforme segue:

- a) Nas estruturas adjacentes e nas estruturas secundárias de fim de linha.
- b) No ramal de entrada do(s) consumidor(es).

No caso do ramal de ligação ser fixado na estrutura que contém o aterramento da alta tensão, o aterramento do neutro do ramal de entrada deve ficar afastado no mínimo 10 m de qualquer componente (haste de aterramento, estai) interligado à malha de aterramento da alta tensão.

No caso de não existir rede de baixa tensão, transformador exclusivo para o consumidor, o neutro é aterrado somente através da entrada de serviço, com uma única haste, de maneira sólida e permanente, mantendo o afastamento citado no parágrafo anterior.

No caso de não existir rede de baixa tensão e o atendimento for para equipamento de rede da Copel (ex.: caixas de controle), o afastamento mínimo poderá ser menor que 10m, desde que sejam equipotencializados os aterramentos do equipamento e do transformador.

3.1.5 - Aterramento do Terminal de Ligação do Neutro do Transformador em Estrutura para Atendimento a Edifício de Uso Coletivo

- a) **Sem** Rede Secundária:

O terminal neutro do transformador deve ser aterrado ao neutro da baixa tensão. Para isto é necessário estender o neutro da rede secundária existente até o transformador.



A interligação do neutro da rede secundária ao neutro do transformador deve ser feita aérea e com cabo de alumínio nu 2 AWG CA, que deve também ser interligado ao dispositivo de aterramento do transformador, ao mensageiro da rede compacta se for o caso e a malha de terra dos para-raios.

- b) **Com** Rede Secundária:

O terminal neutro do transformador deve ser aterrado ao neutro da baixa tensão com cabo de alumínio nu 2 AWG CA.

O dispositivo de aterramento do transformador deve ser aterrado a malha de terra dos para-raios e interligado ao neutro da rede secundária e ao mensageiro da rede compacta se for o caso.

As ligações e amarrações destes aterramentos devem ser executados de acordo com a NTC 857000/094 - Estruturas de Redes para Atendimento a Edifícios de Uso Coletivo.

 COPEL Distribuição	MANUAL DE INSTRUÇÕES TÉCNICAS - MIT		Título	Módulo	Folha
	TÍTULO: Fiscalização de Obras de Distribuição		31	04	7
	MÓDULO: Aterramento de Redes de Distribuição		Versão	Data	
			2.1	08.11.2018	



3.2 - Aterramento das Massas dos Equipamentos

O objetivo do aterramento das massas dos equipamentos é assegurar a operação rápida e efetiva dos dispositivos de proteção, na ocorrência de defeitos devido a rupturas no isolamento e, limitar a valores não perigosos as tensões de toque e de passo.



Deverão ser aterrados os para-raios, transformadores, religadores, reguladores de tensão, chaves tripolares, capacitores, blindagem de cabos isolados, mensageiros de rede compacta, caixas de controle, etc.

Os seguintes procedimentos devem ser adotados:

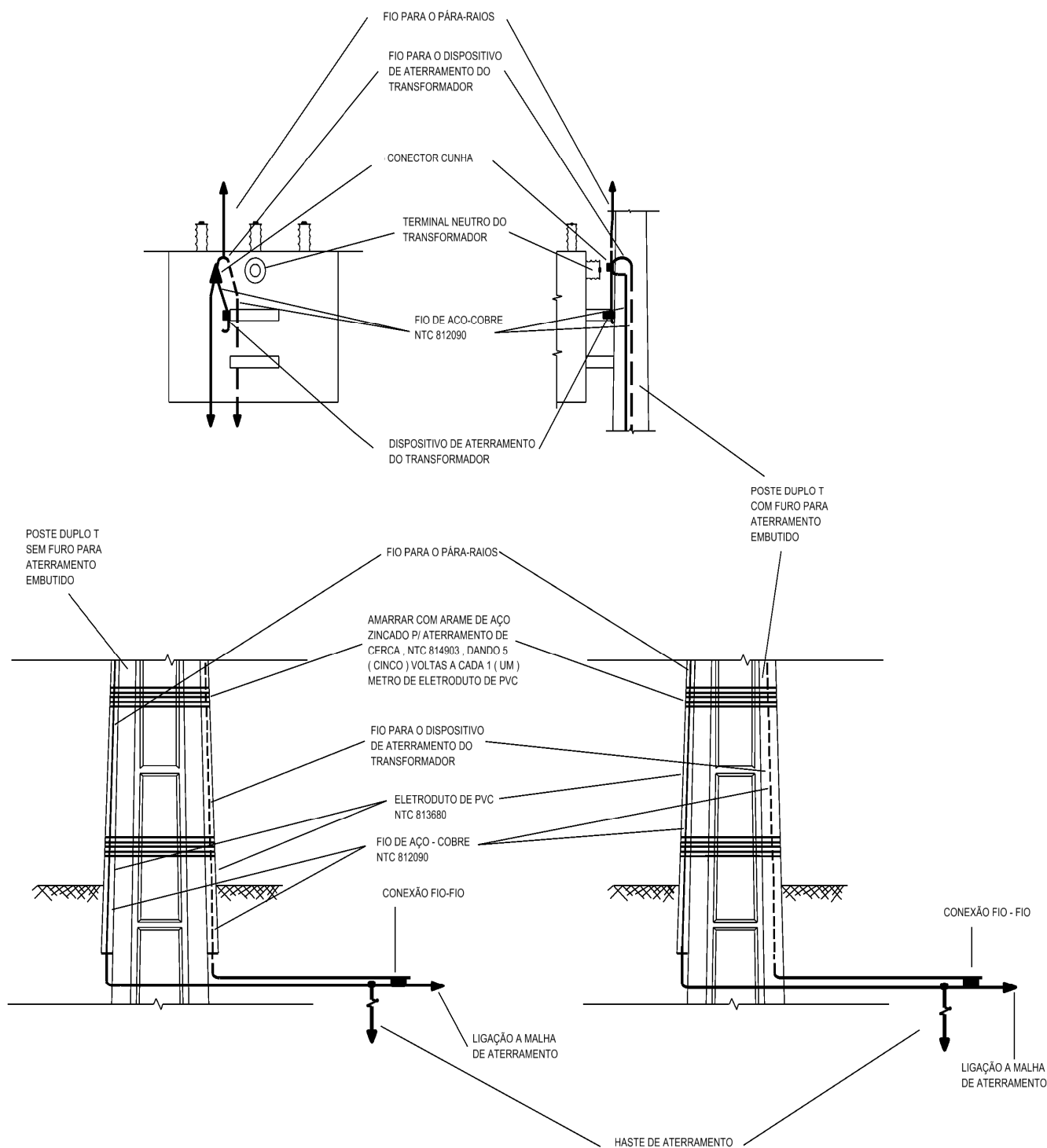
- a) Aterrar as carcaças e/ou ferragens de todos os equipamentos.
- b) Executar esses aterramentos de forma a garantir as condições operacionais e de segurança independentemente de sua interligação ao condutor neutro.
- c) Em redes de 34,5 kV e $34,5/\sqrt{3}$ kV a estrutura com transformador deve ter duas descidas para terra conectadas a haste ou malha de aterramento. Para as redes de 13,8 kV a estrutura com transformador deve ter uma única descida para terra conectada a haste ou malha de aterramento.
- d) Equipamento com controle incorporado à carcaça (normalmente reguladores de tensão), a descida do aterramento da carcaça deve ser interligada à descida do aterramento dos para-raios. A descida do aterramento dos para-raios deve ser executada sem interrupção até a malha de aterramento.
- e) Equipamento com caixa de controle separada do mesmo e em estruturas que contemplam para-raios, a descida do aterramento da carcaça do equipamento e da caixa de controle devem ser interligadas à descida do aterramento dos para-raios. A descida do aterramento dos para-raios deve ser executada sem interrupção até a malha de aterramento. Caso a configuração da rede seja compacta, a cordoalha do cabo mensageiro deve ser aterrada na estrutura adjacente.
- f) Equipamento com caixa de controle separada do mesmo e em estruturas que não contemplam para-raios (Religadores e demais equipamentos, com exceção das chaves tripolares), a descida do aterramento da carcaça do equipamento deve ser executada sem interrupção e conectado diretamente na malha de aterramento (1ª haste). O aterramento da caixa de controle e o neutro da BT que a alimenta (seja por Transformador de Distribuição ou Transformador de Potencial), deverão ser interligados à descida do aterramento da carcaça do equipamento, logo abaixo da caixa de controle (ou internamente na caixa de controle). Caso a configuração da rede seja compacta, não aterrar a cordoalha do cabo mensageiro nesta estrutura.
- g) Chaves tripolares que possuam caixa de controle separada do equipamento e em estruturas que não contemplam para-raios, a descida do aterramento da carcaça do equipamento deve ser separada da descida da caixa de controle. As duas descidas devem ser interligadas na mesma malha de terra, uma diretamente na 1ª haste e a outra com conector cunha fio/fio. Caso a configuração da rede seja compacta, não aterrar a cordoalha do cabo mensageiro nesta estrutura.
- h) Nas saídas subterrâneas das subestações, as terminações (muflas) das estruturas de transição devem ser aterradas fora da subestação, interligando-as a haste ou malha de aterramento. As terminações (muflas) instaladas dentro da subestação não devem ser aterradas.

 COPEL Distribuição	MANUAL DE INSTRUÇÕES TÉCNICAS - MIT		 PARANÁ GOVERNO DO ESTADO	Título	Módulo	Folha
	TÍTULO: Fiscalização de Obras de Distribuição			31	04	8
	MÓDULO: Aterramento de Redes de Distribuição			Versão	Data	
				2.1	08.11.2018	

i) A descida de aterramento mais alta em relação ao solo dever ser com cabo contínuo (sem emenda) e conectada diretamente na 1ª haste da malha de terra, seja de para-raio ou de carcaça de equipamento, conforme o caso.

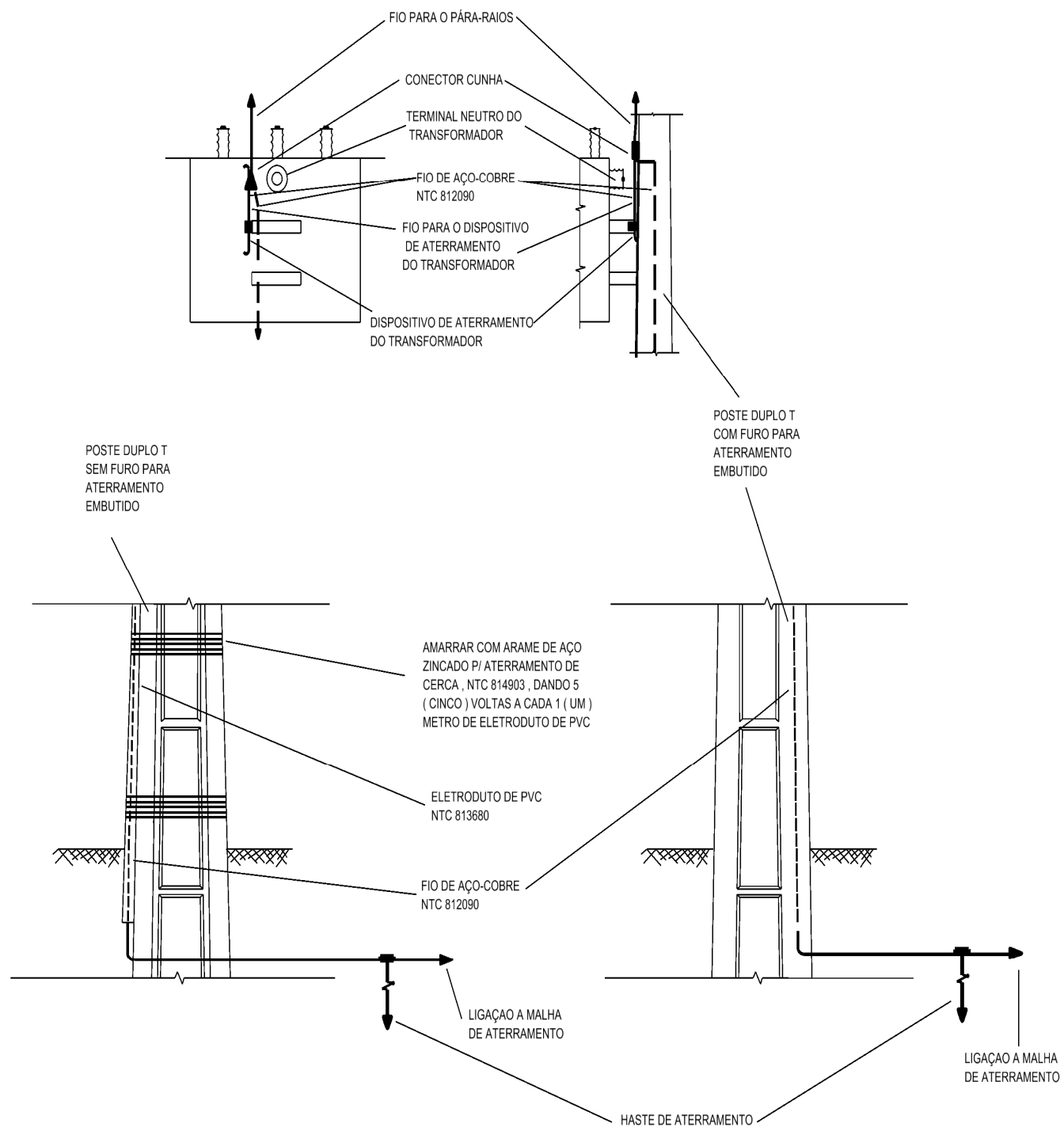
	MANUAL DE INSTRUÇÕES TÉCNICAS - MIT			Título	Módulo	Folha
	TÍTULO: Fiscalização de Obras de Distribuição			31	04	9
	MÓDULO: Aterramento de Redes de Distribuição			Versão	Data	
				2.1	08.11.2018	



Transformadores Monofásicos 34,5/√3 kV e Trifásicos 34,5 kV em Rede Rural



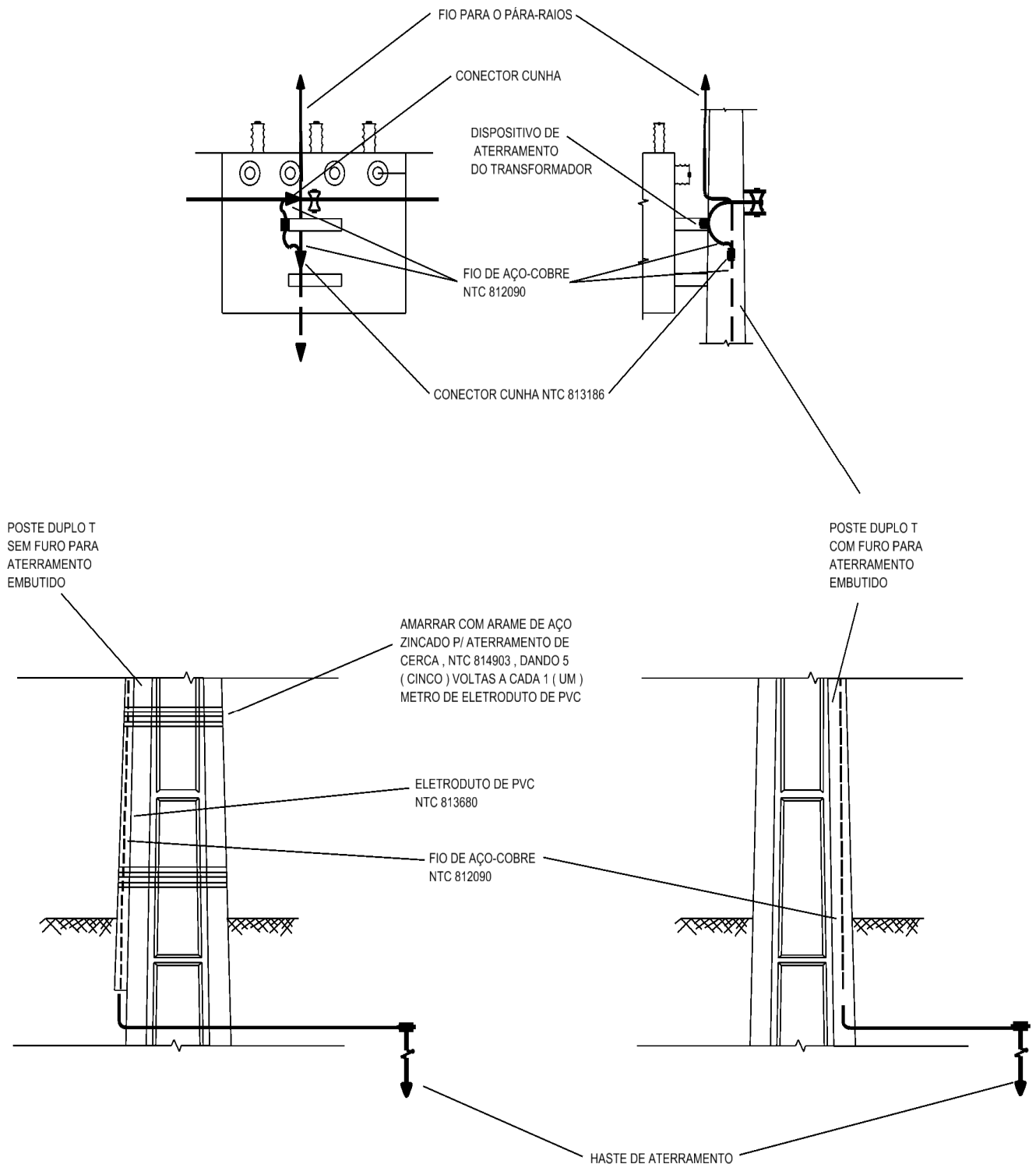
Obs.: Observar que o fio para o para-raios é conectado à haste de aterramento, através do conector de cobre tipo cunha ou tipo asa haste/fio para aterramento e o fio para o dispositivo de aterramento do transformador após este, na conexão fio-fio, por meio do conector de cobre tipo cunha fio/fio para aterramento.



1



	MANUAL DE INSTRUÇÕES TÉCNICAS - MIT			Título	Módulo	Folha
	TÍTULO: Fiscalização de Obras de Distribuição			31	04	11
	MÓDULO: Aterramento de Redes de Distribuição			Versão	Data	
				2.1	08.11.2018	

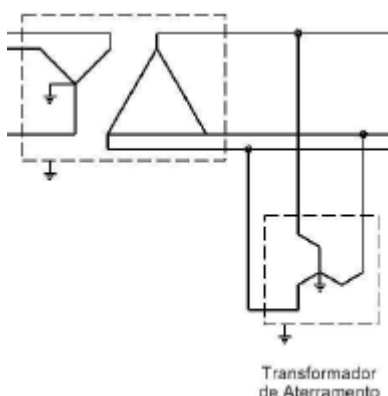
Transformadores Monofásicos e Trifásicos em Rede Urbana



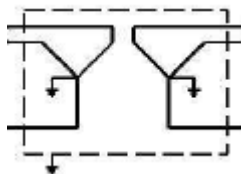
	MANUAL DE INSTRUÇÕES TÉCNICAS - MIT			Título	Módulo	Folha
	TÍTULO: Fiscalização de Obras de Distribuição			31	04	12
	MÓDULO: Aterramento de Redes de Distribuição			Versão	Data	
				2.1	08.11.2018	

3.3 - Aterramento da Alta Tensão

No sistema de 13,8 kV o aterramento da alta tensão é feito nas subestações através do transformador de aterramento.



No sistema de 34,5 kV o aterramento da alta tensão é feito através da conexão do centro da estrela do transformador de potência à terra.





Os sistemas de 13,8 kV e 34,5 kV são multi-aterrados através dos transformadores de distribuição.

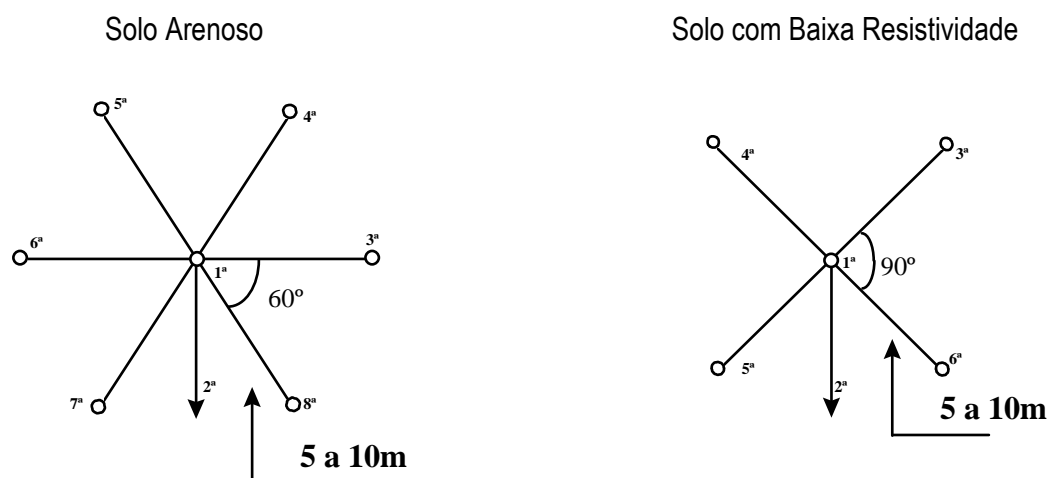
A alta tensão do sistema de distribuição também é aterrada através de para-raios que protegem os equipamentos.

O procedimento utilizado para a aplicação de para-raios no sistema de distribuição da COPEL está contido no MIT 162401 - Proteção de Redes de Distribuição contra Sobretenção – Aplicação de Para-raios.

Com relação a montagem dos para-raios ao longo da rede e no tanque do transformador, deverá ser consultado a NTC 856000/830 - Montagem de Redes de Distribuição Aérea e a NTC 855000/190 - Montagem de Redes de Distribuição Compacta Protegida.

Nos aterramentos de para-raios ao longo da rede, deve-se adotar sempre que possível a geometria radial, com o objetivo de reduzir danos em equipamentos e isoladores provocados por descargas atmosféricas, conforme segue:

	MANUAL DE INSTRUÇÕES TÉCNICAS - MIT		Título	Módulo	Folha
	TÍTULO: Fiscalização de Obras de Distribuição		31	04	13
	MÓDULO: Aterramento de Redes de Distribuição		Versão	Data	
			2.1	08.11.2018	



3.3.1 - Aterramento do Mensageiro da Rede Compacta Protegida

O mensageiro (cordoalha de fios de aço zincado de sustentação) da rede compacta protegida, deve ser aterrado em intervalos máximos de 300 m, com uma única haste de aterramento e de maneira sólida e permanente.

Sempre que houver o aterramento do mensageiro da rede compacta, este deve ser conectado ao neutro da rede secundária urbana, também deve ser aterrado em todos os pontos onde tenha aterramento do neutro da baixa tensão (exceto ao aterramento do neutro da rede rural) e na malha de aterramento dos equipamentos que não contenham controle eletrônico.



3.3.2 - Resistência Máxima de Aterramento

Os valores máximos de resistência de terra previstos para a malha de aterramento dos equipamentos descritos no item 3.2 são os seguintes:

13,8 kV	$\leq 20 \, \Omega$
34,5 kV	$\leq 10 \, \Omega$

Entretanto, para transformadores monofásicos nos sistemas $34,5/\sqrt{3}$ kV (MRT - Monofásico Retorno por Terra) e 13,8 kV, localizados na área rural, se não forem obtidos os valores acima quando colocadas até três hastes profundas ou paralelas, recomenda-se por razões econômicas os seguintes valores máximos de resistência de terra:

TRANSFORMADORES	RESISTÊNCIA
10 kVA	50 Ω
15 kVA	33 Ω
25 kVA	20 Ω
37,5 kVA	13 Ω
50 kVA	10 Ω

 COPEL Distribuição	MANUAL DE INSTRUÇÕES TÉCNICAS - MIT		Título	Módulo	Folha
	TÍTULO: Fiscalização de Obras de Distribuição		31	04	14
	MÓDULO: Aterramento de Redes de Distribuição		Versão	Data	
			2.1	08.11.2018	

Obs.: Nas áreas de elevada resistividade do solo, onde a obtenção da resistência de terra desejada depende da extensão do fio de aço-cobre enterrado, admite-se o afastamento entre hastes de até 10 m (a distância padrão entre hastes paralelas é de 5 m).

3.4 - Aterramento de Consumidores



É de fundamental importância o aterramento das instalações consumidoras, principalmente em face de segurança pessoal, razão pela qual, na ocasião da ligação de consumidores em alta ou baixa tensão deve ser feita inspeção desses aterramentos.

Deverão ser observados os procedimentos estabelecidos na NTC 901100 - Fornecimento em Tensão Secundária de Distribuição e NTC 903100 - Fornecimento em Tensão Primária de Distribuição, conforme a seguir:

3.4.1 - Consumidores Atendidos em Baixa Tensão

Deverá ser consultado a NTC 901100 - Fornecimento em Tensão Secundária de Distribuição.



- a) O neutro da entrada de serviço deverá ser aterrado junto à caixa de medição ou proteção geral, com condutor de aterramento dimensionado conforme sua categoria de atendimento, empregando-se no mínimo um eletrodo de aterramento.
- b) As partes metálicas da entrada de serviço sujeitas à energização acidental deverão ser permanentemente ligadas a terra.
- c) O condutor de aterramento deverá ser tão curto e retilíneo quanto possível, sem emenda e não deverá ter dispositivo que possa causar sua interrupção.
- d) O condutor de aterramento deverá ser protegido mecanicamente por meio de eletroduto de PVC rígido ou corrugado ou flexível.
- e) O eletroduto metálico de descida no poste deve ser aterrado através de condutor de cobre com seção de 16 mm² e conector tipo condutor/barra em eletrodo de aterramento instalado na caixa de passagem da base do poste.
- f) Os materiais e condutores aplicados em aterramento deverão seguir as recomendações da NBR 5410.
- g) A conexão do condutor com a haste de aterramento da entrada de serviço deverá ser realizada com os conectores tipo Cunha ou Asa (padrão redes de distribuição) e, especificamente no aterramento da entrada de serviço poderá ser utilizado os conectores tipo Parafuso.

 COPEL Distribuição	MANUAL DE INSTRUÇÕES TÉCNICAS - MIT		Título	Módulo	Folha
	TÍTULO: Fiscalização de Obras de Distribuição		31	04	15
	MÓDULO: Aterramento de Redes de Distribuição		Versão	Data	
			2.1	08.11.2018	

3.4.2 - Consumidores Atendidos em Alta Tensão

Deverá ser consultado a NTC 903100 - Fornecimento em Tensão Primária de Distribuição.

- a) Em qualquer época do ano, a resistência de aterramento não deverá ser superior a:
 - 10 Ω nos atendimentos em 13,8 kV.
 - 10 Ω nos atendimentos em 34,5 kV e potência de transformação até 75 kVA.
 - 5 Ω nos atendimentos em 34,5 kV e potência de transformação superior a 75 kVA.
- b) Se houver dificuldade em se obter os valores prescritos para a resistência de aterramento, poderá ser apresentado projeto do sistema de aterramento atendendo aos valores de tensão de passo e de contato conforme a NBR 14039.
- c) A primeira haste de aterramento deverá ser instalada em caixa para inspeção, aflorada aproximadamente 10 cm para as inspeções e conexões dos equipamentos de teste.
- d) Os tipos de conectores utilizados para conexões do sistema de aterramento são os do tipo Cunha e Asa (padrão redes de distribuição) e, especificamente no aterramento da entrada de serviço poderá ser utilizado os conectores tipo Parafuso.
- e) O condutor de aterramento deverá ser tão curto quanto possível, sem emendas, não possuir nenhuma ligação em série com partes metálicas da instalação e não possuir dispositivos que possam causar sua interrupção.
- f) As partes metálicas das instalações da entrada de serviço tais como: carcaças de transformadores, para-raios, equipamentos, caixas de medição, portas, janelas e suportes metálicos, deverão ser ligados diretamente ao sistema de aterramento através de condutores de cobre ou de aço cobreado.
- g) O condutor de aterramento, quando sujeito a eventuais contatos de pessoas, deverá ser protegido por eletroduto de PVC rígido. Caso seja utilizado eletroduto metálico, o mesmo deverá ser aterrado e fixado ao poste com fita inoxidável ou arame de aço galvanizado.
- h) Os para-raios da entrada de serviço situados no poste da derivação da rede de distribuição poderão ser aterrados através do condutor interno do poste, ou através de cabo instalado externamente. Em qualquer das condições, o condutor de aterramento não poderá ser emendado e deverá ser conectado à haste de aterramento localizada na caixa de passagem ao pé do poste.
- i) Nos postos de transformação, o aterramento da carcaça do transformador, dos para-raios e acessórios poderão ser conectados ao mesmo condutor de aterramento até a malha.
- j) Todas as cercas sob as redes em alta tensão e em baixa tensão deverão ser seccionadas e aterradas.

 COPEL Distribuição	MANUAL DE INSTRUÇÕES TÉCNICAS - MIT		Título	Módulo	Folha
	TÍTULO: Fiscalização de Obras de Distribuição		31	04	16
	MÓDULO: Aterramento de Redes de Distribuição		Versão	Data	
			2.1	08.11.2018	

3.5 - Aterramento de Cercas

A existência de cercas de arames construídas ao longo ou cruzando as faixas de redes de distribuição, de alta e de baixa tensão, é fato bastante comum nos sistemas elétricos.

Devido a proximidade destas cercas ou contato acidental com as redes de distribuição, podem aparecer correntes induzidas por efeito eletrostático ou eletromagnético ou ainda ficarem energizadas pela rede de distribuição.

Quando a cerca está desaterrada, há um acúmulo de cargas elétricas nos fios da mesma, devido ao campo eletrostático da rede de distribuição. No momento em que a cerca é aterrada, estas cargas descarregam-se para o solo.

Na falta de um aterramento seguro e confiável, a corrente de descarga pode circular através de pessoas, animais e objetos que venham a fazer contato com a cerca.

Com a finalidade de se evitar acidentes, todas as cercas existentes sob as redes de alta e baixa tensão, deverão ser seccionadas e aterradas.

Nos seccionamentos deverão ser utilizados seccionadores pré-formados, NTCs 814905 e 814907, tanto para cercas de arame liso como para cercas de arame farpado.

Na aplicação dos seccionadores devem ser observados o seguinte:

- Para cercas de arame farpado com diâmetro de 3,26 mm a 4,11 mm, aplicar o seccionador pré-formado NTC 814905 - 450 daN, código de cor verde.
- Para cercas de arame liso com diâmetro de 2,60 mm a 3,00 mm, aplicar o seccionador pré-formado NTC 814907 - 900 daN, código de cor amarelo.

Nos aterramentos, deverão ser utilizados uma haste zincada de 1,20 m de comprimento, NTC 812094, por ponto aterrado, interligada aos fios da cerca através de arame de aço zincado, NTC 814903.

Obs.: No caso de alambrado, por não ser possível o seu seccionamento, a orientação é de somente realizar o aterramento do mesmo (seja paralelo ou transversal). Na situação de existir arame farpado ou liso acima do alambrado, estes (arames farpado ou liso) deverão ser seccionados e aterrados.

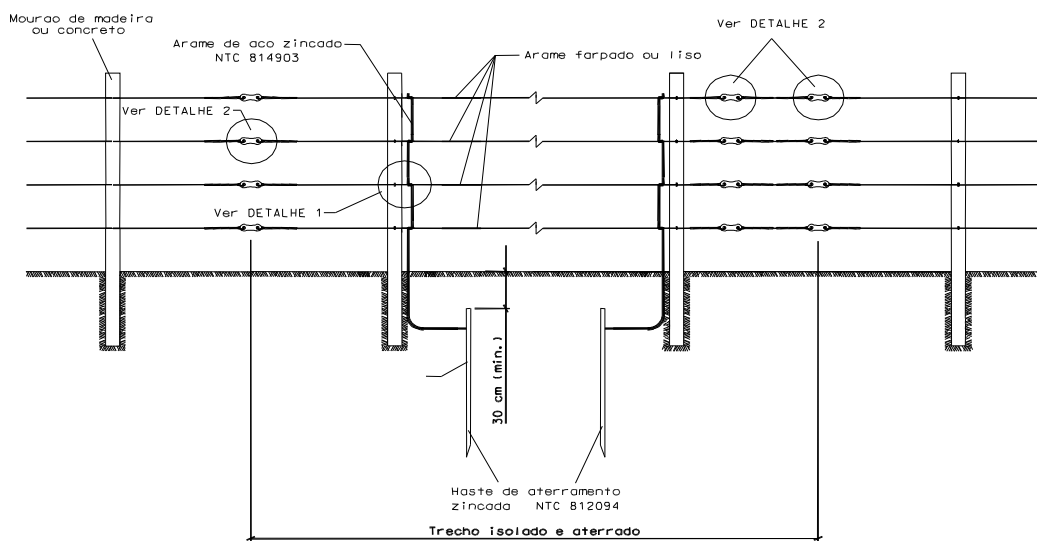
3.5.1 - Cercas Transversais à Rede de Distribuição



Sempre que existirem cercas transversais à rede, as mesmas deverão ser seccionadas e aterradas.

O seccionamento das cercas deverá ser feito em todos os seus fios componentes, em ambos os lados da rede, a 30 m do seu eixo (NBR - 5433).

Os aterramentos deverão ser realizados na parte da cerca situada dentro da faixa delimitada pelos seccionamentos e serem executados pela interligação dos fios da cerca através de arame de aço zincado à haste zincada cravada no solo.

As hastes zincadas deverão estar localizadas nas extremidades dos seccionamentos, ou seja, nos mourões de madeira ou de concreto mais próximos dos seccionamentos, figura a seguir:

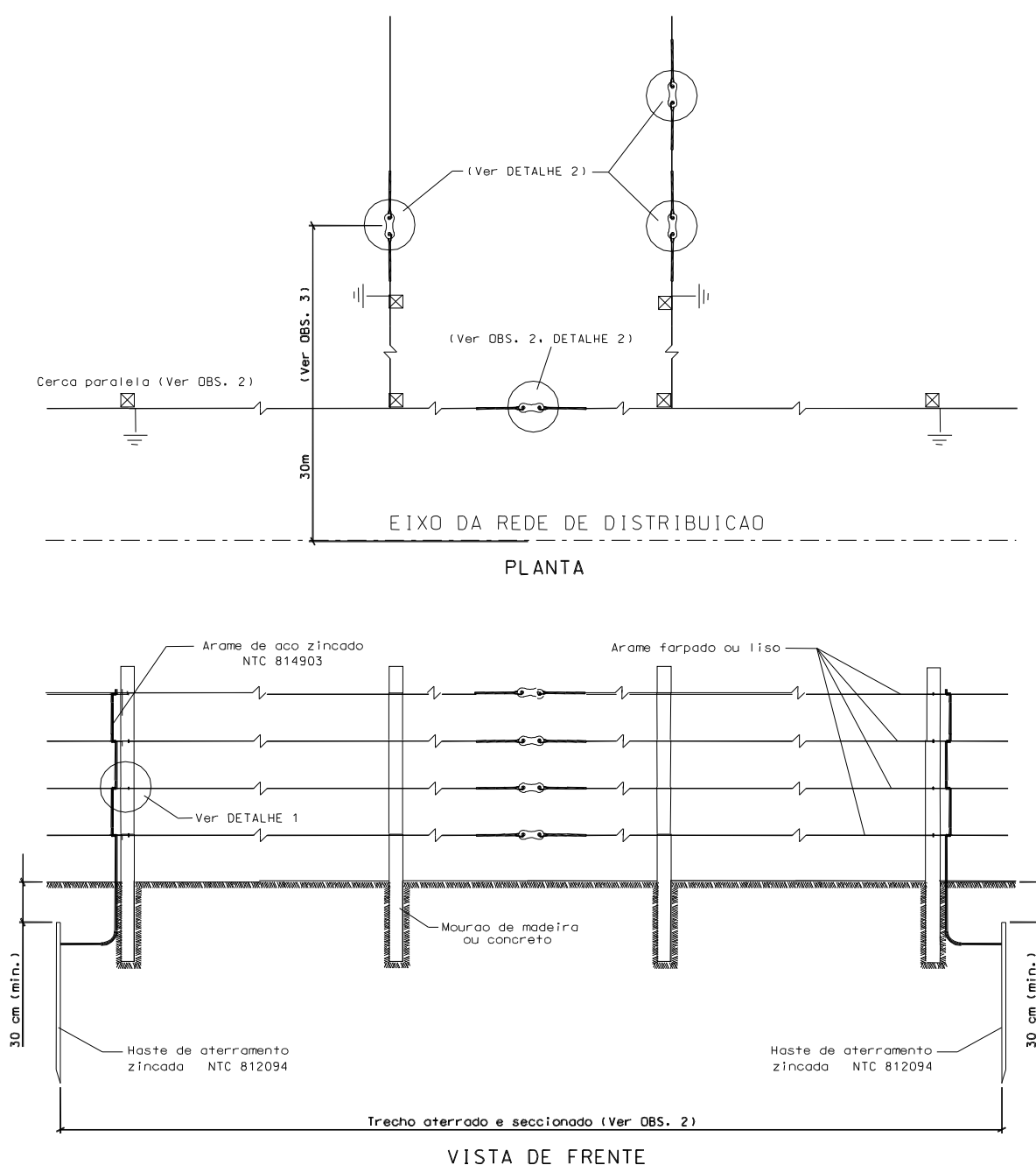




	MANUAL DE INSTRUÇÕES TÉCNICAS - MIT			Título	Módulo	Folha
	TÍTULO: Fiscalização de Obras de Distribuição			31	04	18
	MÓDULO: Aterramento de Redes de Distribuição			Versão	Data	
				2.1	08.11.2018	

3.5.2 - Cercas Paralelas à Rede de Distribuição

Sempre que existirem cercas paralelas à rede, dentro da faixa de 30 m em relação ao seu eixo, esta deve ser seccionada e aterrada a cada 250 m.

O aterramento deverá ser realizado na parte da cerca situada dentro da faixa delimitada pelos seccionamentos e ser executado pela interligação dos fios da cerca à uma haste zincada, cravada ao solo. A haste deverá estar localizada no ponto médio entre os dois seccionamentos, figura a seguir:



 COPEL Distribuição	MANUAL DE INSTRUÇÕES TÉCNICAS - MIT		 PARANÁ GOVERNO DO ESTADO	Título	Módulo	Folha
	TÍTULO: Fiscalização de Obras de Distribuição			31	04	19
	MÓDULO: Aterramento de Redes de Distribuição			Versão	Data	
				2.1	08.11.2018	

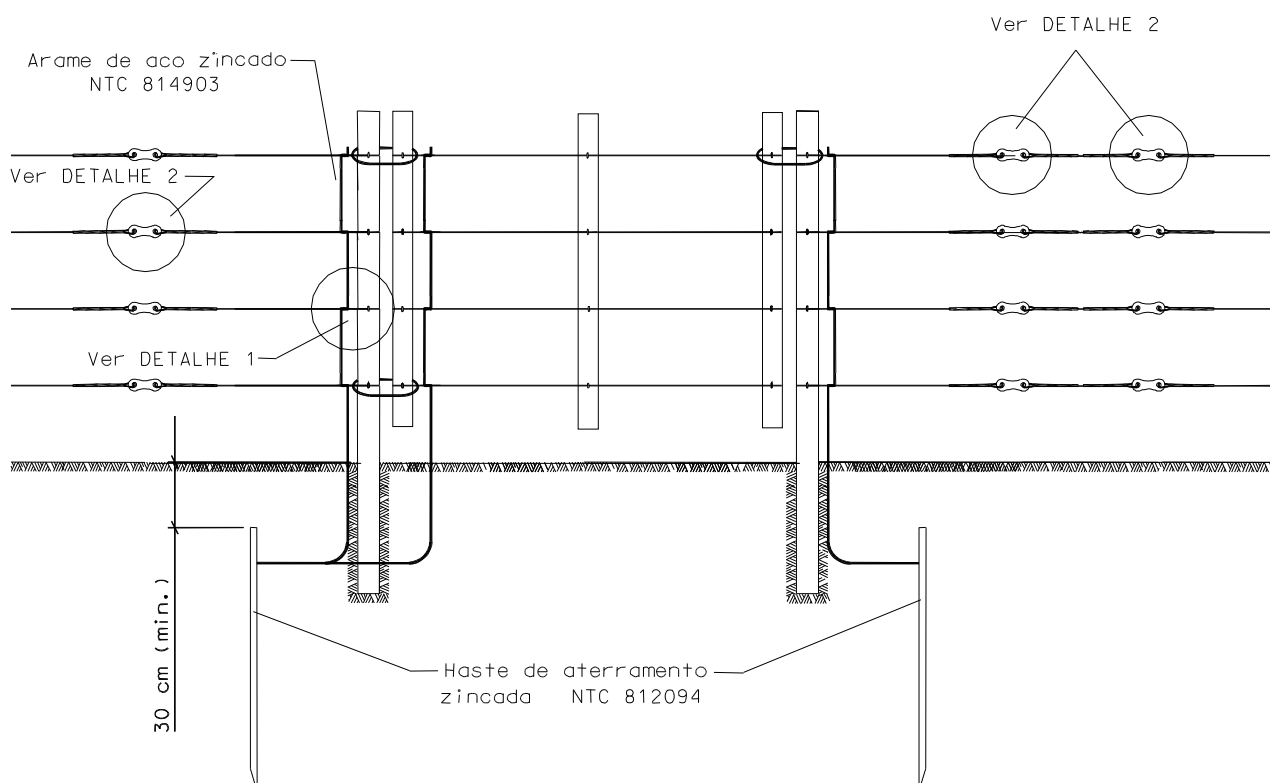
Obs.:



1. Aplica-se a todas as tensões primárias e secundárias conforme este MIT 163104 - Aterramento de Redes de Distribuição.
2. Aterrar a cerca a cada 250 m no máximo ao longo de todo o trecho enquanto houver paralelismo situado até 30 m do eixo da rede de distribuição e seccioná-la no meio de cada dois aterramentos.
3. Seccionar e aterrar as cercas no limite de 30 m do eixo da rede de distribuição.

3.5.3. Porteiras Transversais ou Paralelas à Rede de Distribuição

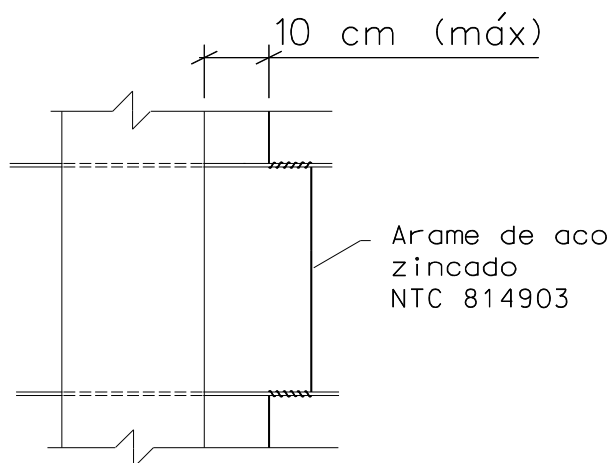
As porteiras de arame que cruzam ou são paralelas dentro de uma faixa de 30 m à rede de distribuição, estão sujeitas a ficarem energizadas em contato com um condutor quando este se rompe.

Para evitar acidentes, os fios das cercas adjacentes às porteiras devem ser seccionados e aterrados, figura a seguir:

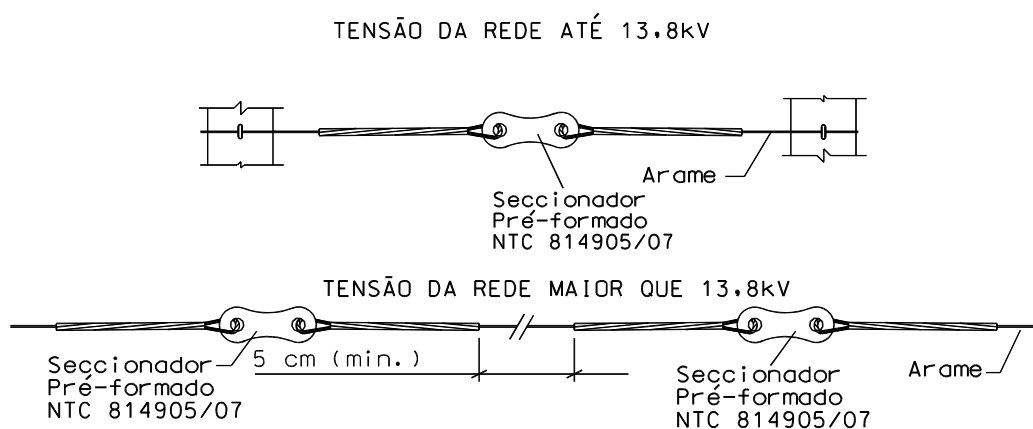


 COPEL Distribuição	MANUAL DE INSTRUÇÕES TÉCNICAS - MIT		 PARANÁ GOVERNO DO ESTADO	Título	Módulo	Folha
	TÍTULO: Fiscalização de Obras de Distribuição			31	04	20
	MÓDULO: Aterramento de Redes de Distribuição			Versão	Data	
				2.1	08.11.2018	

Detalhe 1





Detalhe 2



Seccionamento e Aterramento de Cercas de Arame						
NTC	Código Copel	Descrição	Quantidade na Tensão			
			13,8 kV		Acima 13,8 kV	
			Arame Liso	Arame Farpado	Arame Liso	Arame Farpado
4905	814905-4	Seccionadores de cerca (farpado)		8 ou 10		16 ou 20
4907	734910-6	Seccionadores de cerca (liso)	8 ou 10		16 ou 20	
2094	817295-1	Haste de aterramento zincada	2 ou 0		2 ou 0	
4904	300849-5	Grampo U para cerca	0,1 kg		0,1 kg	
4903	462013-5	Arame de aço zincado 12 AWG	0,5 ou 0 kg		0,5 ou 0 kg	

Obs.: Em caso de cercas com mourão de concreto, excluir dos módulos a NTC 4904 (Grampo U para cercas).

 COPEL Distribuição	MANUAL DE INSTRUÇÕES TÉCNICAS - MIT		Título	Módulo	Folha
	TÍTULO: Fiscalização de Obras de Distribuição		31	04	21
	MÓDULO: Aterramento de Redes de Distribuição		Versão	Data	
			2.1	08.11.2018	

3.5.4 - Parreirais e Assemelhados sob a Rede de Distribuição

Os caramanchões ou similares destinados à sustentação de parreirais e assemelhados, construídos sob as redes de energia elétrica ou paralelo a estas a uma distância inferior a 30 m, estão sujeitos a ficar em contato direto com um condutor, quando este se rompe, ficando desta forma energizados.

A fim de evitar acidentes pela energização acidental destas instalações, e considerando que não existe alternativa técnica para a convivência segura destas construções com as redes de energia elétrica, não deve ser permitido em nenhuma hipótese, a construção destes caramanchões na faixa da rede.

Como solução ideal, deve-se fazer valer o contido na autorização de passagem APE - COD - 118674-4, que não permite nenhuma construção nesta faixa.

Na inexistência desta autorização e sempre que a COPEL constatar a existência destas instalações, deve informar formalmente ao proprietário dos riscos existentes, negociando a regularização da autorização de passagem e consequentemente a remoção da referida cultura.

Havendo dificuldade nestes acertos, cada caso poderá ter uma solução judicial com apoio das unidades jurídicas de cada regional de distribuição, no sentido de obter a remoção dos caramanchões ou outro tipo de construção que cause os mesmos problemas.

Nota: É de responsabilidade da COPEL qualquer acidente provocado pela energização das cercas e/ou outras construções existentes dentro da faixa definida pelas Normas Brasileiras - NBRs.

Portanto, as Áreas de Construção e Manutenção têm a responsabilidade de manter esta faixa desimpedida, executar e verificar se os seccionamentos e os aterramentos das cercas situadas nesta faixa, tanto sob redes de alta tensão e/ou baixa tensão, foram realizadas corretamente.



3.6 - Aterramento de Estais

Os problemas apresentados pelos estais consistem na possibilidade do contato simultâneo por pessoas ou animais, no estai e no solo, quando da ocorrência de contato acidental de um condutor energizado com o mesmo.

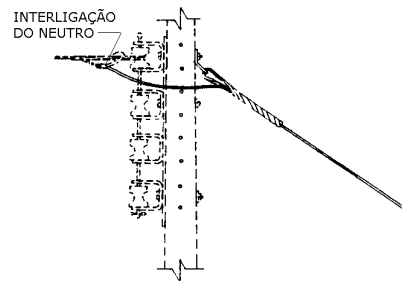
O aterramento do estai em **áreas urbanas** deve-se preferencialmente interligar o estai ao neutro da BT (multiterrado). Em caso de inexistência de BT, interligar o estai ao aterramento dos equipamentos de AT. Em caso de inexistência de BT ou aterramento de AT, proceder a isolação do estai em locais em que o rompimento dos jampers de AT possibilite a energização do estai.

No aterramento do estai em **áreas rurais** não interligar o estai ao neutro da BT por questões de segurança (não é multiterrado). Se houver aterramento de AT, interligar o estai ao aterramento dos equipamentos de AT, exceção feita aos descarregadores de chifres, que devem ser substituídos por para-raios antes da interligação do estai ao aterramento. Em caso de inexistência de aterramento de AT, proceder a isolação do estai em locais em que o rompimento dos jampers de AT possibilite a energização do estai.

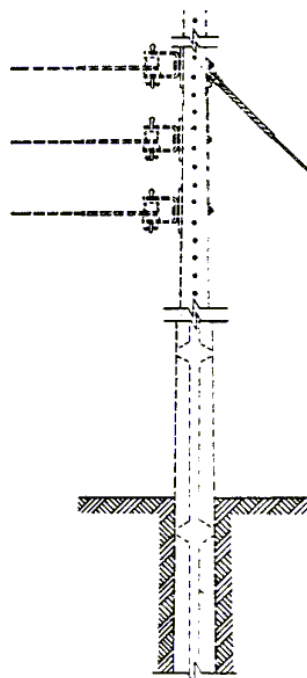
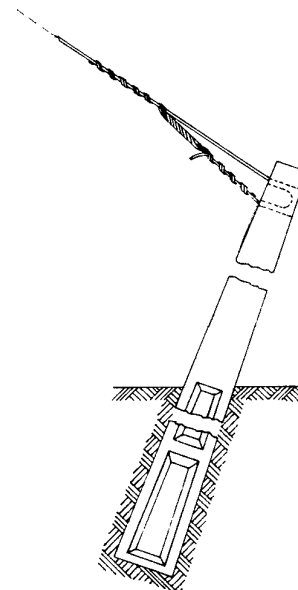
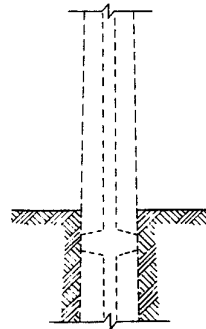
Observar a NTC 856009 - Estaiamento, a NTC 856010 - Estaiamento – Sinalização e Segurança de Estai de Âncora e a NTC 856011 - Estaiamento – Isolamento e Aterramento de Estai de Âncora.

 COPEL Distribuição	MANUAL DE INSTRUÇÕES TÉCNICAS - MIT		 PARANÁ GOVERNO DO ESTADO	Título	Módulo	Folha
	TÍTULO: Fiscalização de Obras de Distribuição			31	04	22
	MÓDULO: Aterramento de Redes de Distribuição			Versão	Data	
				2.1	08.11.2018	

Aterramento de Estai





URBANO

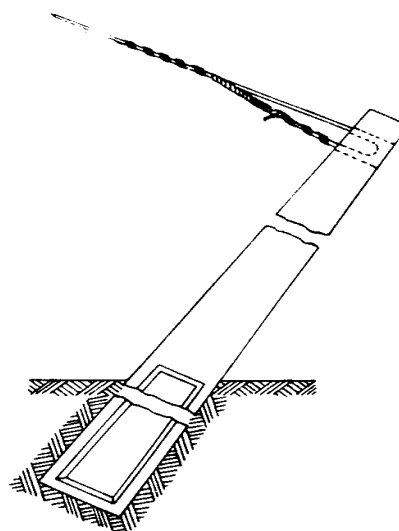
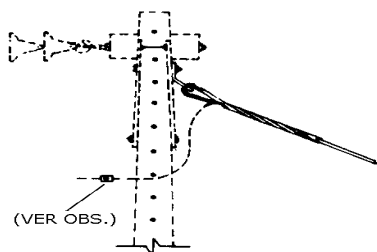
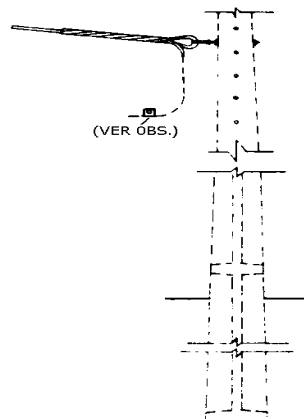
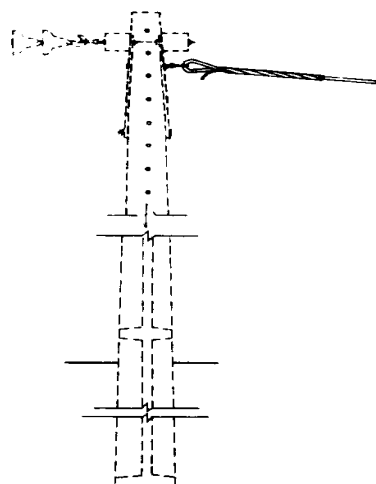


RURAL





	MANUAL DE INSTRUÇÕES TÉCNICAS - MIT			Título	Módulo	Folha
	TÍTULO: Fiscalização de Obras de Distribuição			31	04	23
	MÓDULO: Aterramento de Redes de Distribuição			Versão	Data	
				2.1	08.11.2018	

Aterramento de Estai



Obs.: Interligar o estai ao aterramento dos equipamentos de AT, se houver aterramento de AT.

 COPEL Distribuição	MANUAL DE INSTRUÇÕES TÉCNICAS - MIT		Título	Módulo	Folha
	TÍTULO: Fiscalização de Obras de Distribuição		31	04	24
	MÓDULO: Aterramento de Redes de Distribuição		Versão	Data	
			2.1	08.11.2018	

3.7 - Aterramento Temporário

As redes aéreas de distribuição comprovadamente desligadas e, portanto, aparentemente segura às condições de trabalho, podem ser indevidamente energizadas.

Vários fatores podem ser responsáveis pela energização acidental da rede:

- a) Descargas atmosféricas.
- b) Indução eletrostática.
- c) Contato de condutores energizados na rede desenergizada.
- d) Tensão induzida por linhas adjacentes.
- e) Erros de manobra.
- f) Fontes de alimentação de terceiros.

A fim de se evitar acidentes, quando da execução dos serviços nestas redes, as mesmas devem ser convenientemente aterradas.

3.7.1 - Aterramento Temporário para Rede Secundária Isolada

No desligamento total da rede secundária (nos dois ramos da BT), o conjunto de aterramento temporário/curto circuitador de baixa tensão, deve ser instalado na estrutura do transformador, curto circuitando as fases (A,B,C) ao neutro (N).



No desligamento parcial da rede secundária (um dos ramos da BT), o conjunto de aterramento temporário/curto circuitador de baixa tensão, deve ser instalado na estrutura do transformador, curto circuitando os terminais fases (A,B,C), que alimentam o lado do ramo a ser desenergizado, os quais foram previamente desconectados dos bornes de saída do transformador e conectados ao neutro (N).

3.7.2 - Aterramento Temporário para Rede Compacta Protegida

Nos circuitos primários com cabos cobertos, em intervalos máximos de 300 m, prever a instalação de estribos com conectores tipo cunha para conexão do conjunto de aterramento temporário quando da execução de serviços de manutenção com a rede desenergizada.

Os pontos de aterramento preferencialmente serão os estribos dos transformadores.

Nos trechos de rede compacta onde não existam transformadores instalados ao longo da faixa dos 300 m, deverão ser instalados estribos de espera para aterramentos, que serão retirados a medida que forem sendo instalados transformadores intermediários.

 COPEL Distribuição	MANUAL DE INSTRUÇÕES TÉCNICAS - MIT		Título	Módulo	Folha
	TÍTULO: Fiscalização de Obras de Distribuição		31	04	25
	MÓDULO: Aterramento de Redes de Distribuição		Versão	Data	
			2.1	08.11.2018	

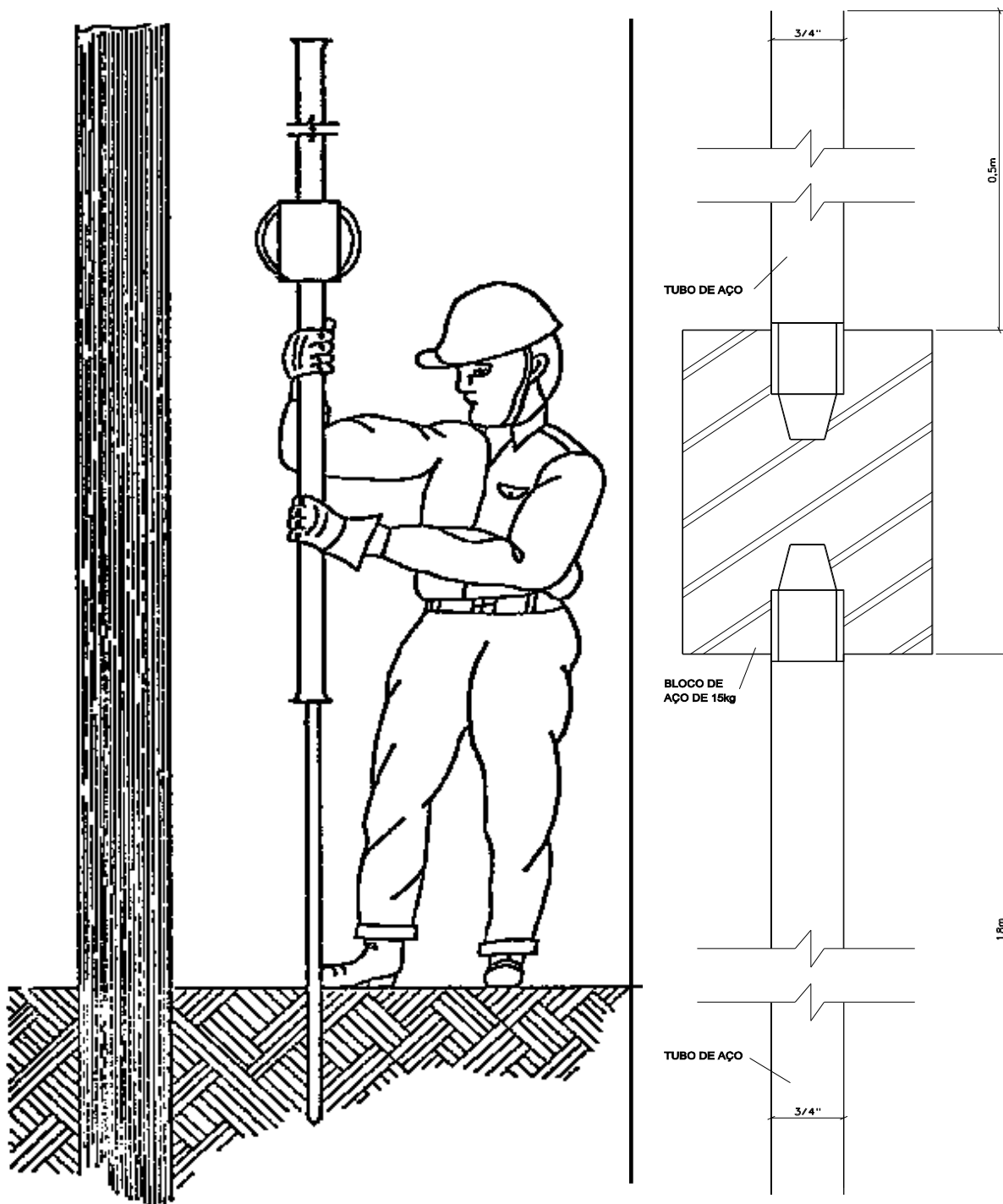
4 - EXECUÇÃO DE ATERRAMENTO



4.1 - Materiais e Equipamentos Utilizados

Basicamente são utilizados os seguintes materiais e equipamentos na execução dos aterramentos:

- a) Haste de aterramento de aço-cobre de 2,40 m de comprimento, NTC 812096.
- b) Fio de aço-cobre recozido para aterramento de 16 mm², NTC 812090.
- c) Conector de cobre tipo Cunha e tipo Asa haste/fio para aterramento, NTC 813185.
- d) Conector de cobre tipo Cunha fio/fio para aterramento, NTC 813186.
- e) Cartucho ou envelope de pó para solda exotérmica nº 150, NTC 814952 (para aplicação na emenda de hastes profundas, conexão haste/haste).
- f) Molde de grafite tipo GBC-15 da Érico do Brasil ou similar, para solda exotérmica nº 150 (conexão haste/haste).
- g) Dispositivo para cravação de hastes profundas, formando um conjunto bate-estaca com moto vibrador ou manual. Bate-estaca manual conforme figura Batedor de Haste Manual.
- h) Luva de cravamento tipo B-137-14 da Cadweld ou similar.
- i) Grampo alinhador de haste B-120 da Cadweld ou similar.
- j) Alicate de pressão EZ - tipo L - 160 da Cadweld ou similar.
- k) Alicate tipo bomba d'água (alicate prendedor com articulação deslizante), NTC 890045.
- l) Liquinho com maçarico.
- m) Caixa com ferramentas, (T-315 da Cadweld ou similar), contendo: limpador de molde, acendedor, pedras de reposição do acendedor, alicate universal, escova de aço plana, serra para metal, lima, luva de cravamento e marreta.
- n) Caixa de madeira com tampa móvel de dimensões aproximadas de 0,70x0,40x0,35 m, revestida internamente com isopor e providas de alças laterais, para armazenamento no depósito do canteiro de obras e transporte dos cartuchos e moldes para o campo.
- o) Medidor de resistência de terra (3 ou 4 terminais), com escala mínima de 1000 Ω e com os respectivos acessórios.
- p) Fio flexível 12 AWG com terminais tipo jacaré de 1/2" nas extremidades, 2x20 m.

Batedor de Haste Manual



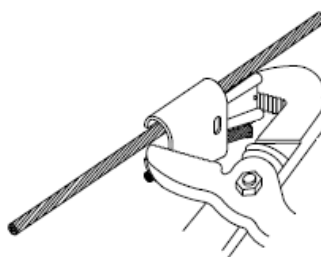
	MANUAL DE INSTRUÇÕES TÉCNICAS - MIT			Título	Módulo	Folha
	TÍTULO: Fiscalização de Obras de Distribuição			31	04	27
	MÓDULO: Aterramento de Redes de Distribuição			Versão	Data	
				2.1	08.11.2018	

4.2 - Execução da Conexão Fio/Fio

A conexão fio/fio deverá ser realizada através do conector de cobre tipo cunha para aterramento, o qual deverá ser aplicado com a utilização do alicate do tipo bomba d'água (alicate prendedor com articulação deslizante).



Conector tipo Cunha



Alicate tipo Bomba D'água

4.3 - Execução da Conexão Haste/Fio

A conexão haste/fio deverá ser realizada através do conector de cobre tipo cunha ou tipo asa para aterramento, o qual deverá ser aplicado com a utilização do alicate do tipo bomba d'água (alicate prendedor com articulação deslizante).





Conector tipo Cunha



Conector tipo Asa



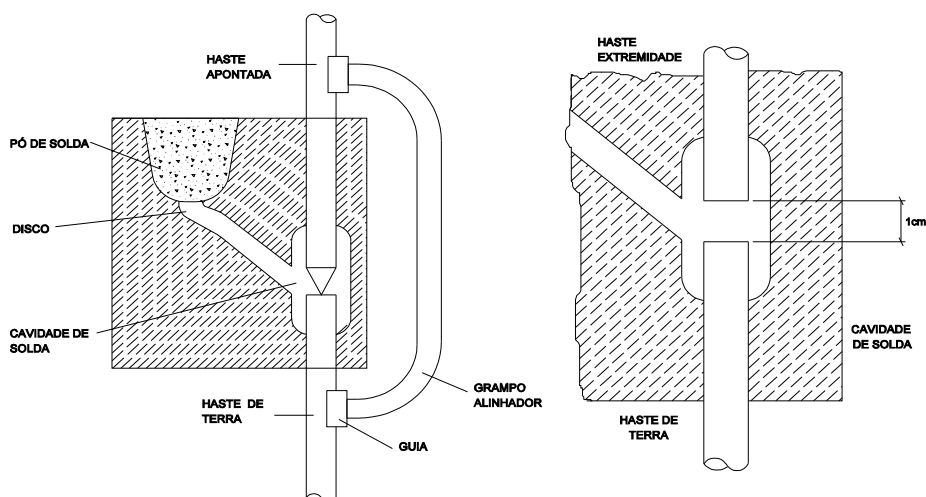
Alicate tipo Bomba D'água

	MANUAL DE INSTRUÇÕES TÉCNICAS - MIT			Título	Módulo	Folha
	TÍTULO: Fiscalização de Obras de Distribuição			31	04	28
	MÓDULO: Aterramento de Redes de Distribuição			Versão	Data	
				2.1	08.11.2018	

4.4 - Execução da Conexão Haste/Haste

Para a execução da conexão haste/haste será necessário a utilização de solda exotérmica.

As hastes, para a conexão haste/haste tipo GBC, devem ser posicionadas ponta a topo, conforme ilustrado na figura a seguir:



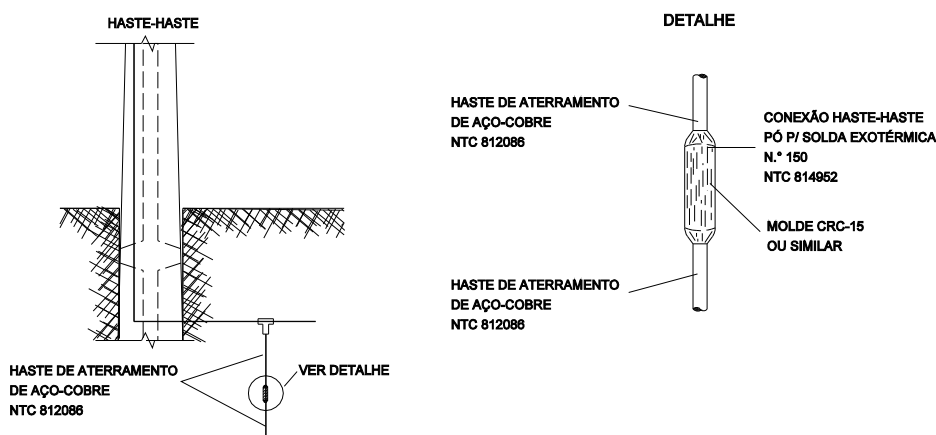
Deve ser utilizado o grampo alinhador para posicionar o molde, suportar e alinhar a haste superior.



As extremidades apontadas das hastes devem ser limpas com escova de aço antes da soldagem.

Toda ferrugem deve ser removida com auxílio de lima chata, a fim de evitar a porosidade da solda.

As pontas das hastes que forem achatadas pelo equipamento de cravação devem ser cortadas, uma vez que poderão manter o molde aberto, ocasionando vazamento.

Ao se fazer uma solda entre duas hastes, deve-se esperar no mínimo 10 minutos antes de começar a cravação, para que a solda se esfrie evitando assim choque térmico e quebra da solda.



 COPEL Distribuição	MANUAL DE INSTRUÇÕES TÉCNICAS - MIT			Título	Módulo	Folha
	TÍTULO: Fiscalização de Obras de Distribuição			31	04	29
	MÓDULO: Aterramento de Redes de Distribuição			Versão	Data	
				2.1	08.11.2018	

4.4.1 - Recomendações para Execução da Soldagem



A conexão com solda exotérmica deve ser realizada por pessoas treinadas, utilizando ferramental adequado e em bom estado de conservação. Cuidados especiais devem ser tomados, pois o líquido resultante da fusão alcança temperatura superior a 1000 °C, ocasionando graves queimaduras ao menor contato.

As seguintes recomendações devem ser observadas:

- a) Os moldes devem ser secos e limpos antes de se fazer a solda.
- b) A secagem pode ser feita por aquecimento, com a utilização de liquinho ou maçarico.
- c) A limpeza, para remover a escoria da solda do molde antes de fazer a próxima solda, pode ser feita utilizando-se limpador de molde, uma folha de jornal ou pano seco.
- d) O molde deve ser fechado utilizando-se o alicate de pressão.
- e) O disco metálico, que acompanha o pó para solda, deve ser colocado no fundo do molde.
- f) O pó para solda, acondicionado em cartucho ou envelope, deve ser despejado dentro do molde, tomando-se o cuidado de não deslocar o disco metálico.
- g) Uma pequena quantidade de pó de ignição, contido no fundo do cartucho ou envelope, deve ser colocada na face superior do molde, abaixo da abertura da tampa, de modo a facilitar a ignição.
- h) As embalagens de pó para solda danificadas ou com período de validade vencido, não devem ser utilizadas.
- i) Para manter a qualidade de fabricação, os cartuchos ou envelopes que contém o pó de solda, devem ser armazenados em caixas próprias em local seco e ventilado.
- j) Proteger as mãos com luvas de raspa, posicionando-se de modo a evitar aspirar a fumaça resultante da combustão.

Obs.:

1. A solda deve ser executada com tempo bom.
2. A solda com porosidade atesta imperfeição e defeito de conexão, deve portanto ser refeita.

	MANUAL DE INSTRUÇÕES TÉCNICAS - MIT			Título	Módulo	Folha
	TÍTULO: Fiscalização de Obras de Distribuição			31	04	30
	MÓDULO: Aterramento de Redes de Distribuição			Versão	Data	
				2.1	08.11.2018	

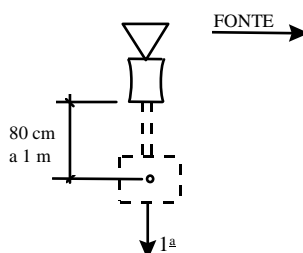
4.5 - Execução da Malha

A redução da resistência de aterramento pode ser obtida através de vários métodos, como aumentar o comprimento das hastes (hastes profundas), interligar diversas hastes em paralelo (hastes em paralelo) ou tratar quimicamente o solo (não utilizado pela COPEL em redes de distribuição).

A execução da malha de aterramento deve ser desenvolvida observando-se os seguintes procedimentos:

4.5.1 - Primeira Haste



- Abrir uma cava de 0,60x0,60x0,60 m de largura, comprimento e profundidade, distanciada de 0,80 a 1,0 m da face lisa do poste, no mesmo lado da descida do fio de aço-cobre.
- Cravar a haste de aço-cobre na cava aberta, deixando a ponta 0,40 m acima do fundo da cava, a fim de permitir a instalação do grampo alinhador (no caso de ser necessário a execução da conexão haste/haste).



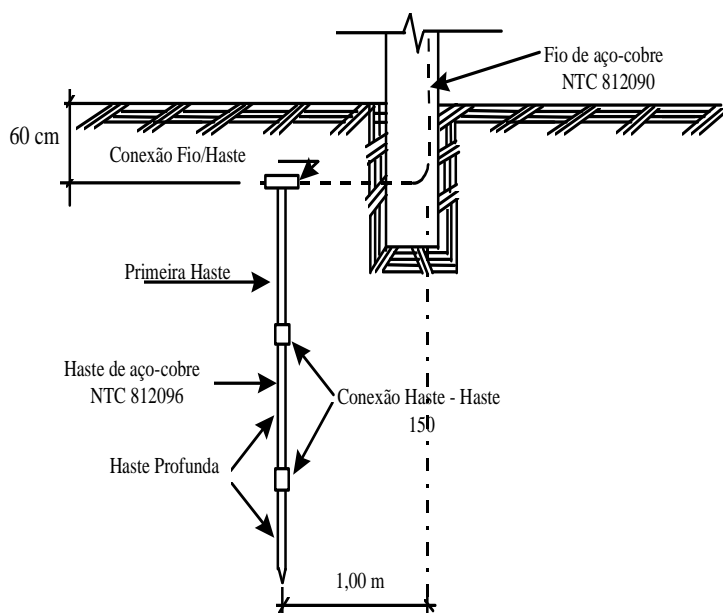
- Medir a resistência de aterramento da haste cravada, desconectada do fio de descida.
- Caso o valor de resistência obtido seja inferior ou igual ao desejado, cravar a haste mais 0,30 m, deixando uma distância suficiente para a conexão haste/fio.
- Fazer a conexão haste/fio através do conector de cobre do tipo cunha ou tipo asa para aterramento. Após, efetuar a cobertura e o apiloamento da cava.
- Medir novamente a resistência de terra, agora com o fio de descida já conectado à haste, e anotar em planilha própria o valor final da resistência de terra da instalação.

4.5.2 - Haste Profunda

Aumentando o comprimento das hastes efetivamente cravadas no solo, atinge-se camadas mais profundas que normalmente apresentam resistividade menor que as camadas superficiais. Isto se verifica na maioria dos solos, devido a maior porcentagem de umidade das camadas mais profundas.

	MANUAL DE INSTRUÇÕES TÉCNICAS - MIT			Título	Módulo	Folha
	TÍTULO: Fiscalização de Obras de Distribuição			31	04	31
	MÓDULO: Aterramento de Redes de Distribuição			Versão	Data	
				2.1	08.11.2018	

Este método é tecnicamente ideal, pois a variação da resistividade do solo nas camadas mais profundas é desprezível, pois com as variações sazonais, apenas as camadas superficiais sofrem variação de resistividade, mantendo praticamente invariável o valor da resistência de aterramento.





A aplicação de haste profunda deve obedecer a seguinte sequência:

- Caso a resistência de terra medida, quando da cravação da 1ª haste, conforme item 4.5.1, for superior ao valor desejado, faz-se a aplicação da 2ª haste profunda, desde que as condições do solo em relação a resistência de cravação permita.
- As condições do terreno sendo favoráveis, procede-se a emenda da 2ª haste, com a 1ª haste já cravada ao solo.

Para execução da conexão das duas hastes deve ser observado os procedimentos descritos nos itens 4.4 e 4.4.1.

- Cravar a haste emendada com auxílio do dispositivo de cravação de hastes, mencionado no item 4.1 subitem "g".
- Medir a resistência de terra e, caso o valor obtido seja igual ou inferior ao desejado, proceder conforme descrito no item 4.5.1, subitens "d", "e", "f".
- Quando da cravação da 2ª haste, o valor da resistência de terra medida for superior ao valor desejado, entretanto inferior ao medido quando da cravação da 1ª haste tenta-se a cravação da 3ª haste ou mais hastes, até atingir o valor de resistência desejado, fazendo-se a medição parcial da resistência a medida que cada haste emendada é cravada.

	MANUAL DE INSTRUÇÕES TÉCNICAS - MIT			Título	Módulo	Folha
	TÍTULO: Fiscalização de Obras de Distribuição			31	04	32
	MÓDULO: Aterramento de Redes de Distribuição			Versão	Data	
				2.1	08.11.2018	

Salienta-se que a profundidade de cravação da haste ou das hastes emendadas (profundas) será limitada quando ocorrer uma das condições a seguir:

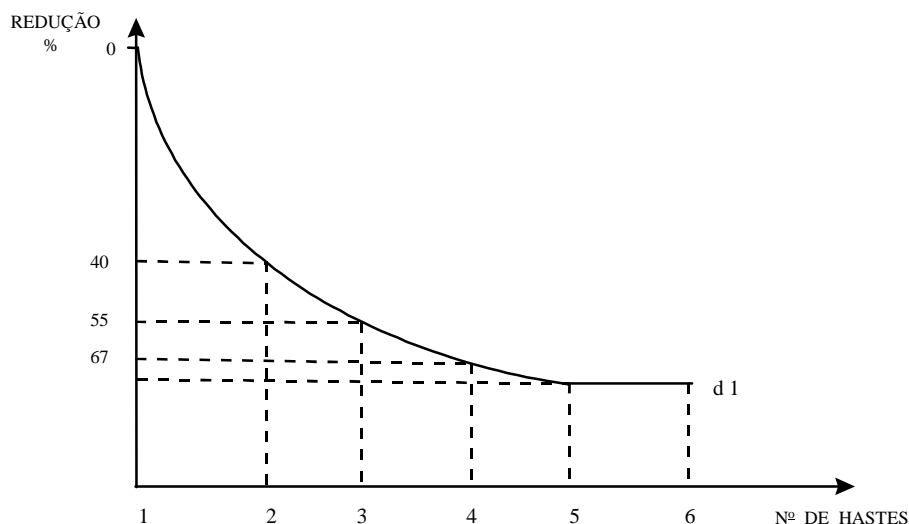
- Atingir o valor da resistência de terra desejado.
- Não haja redução no valor da resistência de terra em pelo menos 30%.
- Existência de obstáculos, rocha por exemplo, que impeçam a cravação da haste profunda.

Obs.: A quantidade de hastes emendadas (profundas), em um determinado ponto, não poderá ser superior a do ponto anterior.

4.5.3 - Hastes Paralelas



Quando o valor de resistência de terra for superior ao desejado, com haste profunda atingindo o limite de cravação, procede-se a interligação em paralelo das hastes.

O fato de aumentar o número de hastes interligadas em paralelo diminui o valor da resistência equivalente, porém a redução não segue a equação simples de associação de resistências em paralelo, apresentando uma "saturação" quando se aumenta o número de hastes em paralelo, conforme demonstrado na figura a seguir:



Redução do Valor da Resistência em função do Nº de Hastes

Isto é devido ao efeito da "mútua resistência" que se verifica quando se cravam hastes no solo a uma determinada distância. Para uma separação maior entre hastes, tem-se uma redução maior, porém também existe a "saturação".

 COPEL Distribuição	MANUAL DE INSTRUÇÕES TÉCNICAS - MIT		 PARANÁ GOVERNO DO ESTADO	Título	Módulo	Folha
	TÍTULO: Fiscalização de Obras de Distribuição			31	04	33
	MÓDULO: Aterramento de Redes de Distribuição			Versão	Data	
				2.1	08.11.2018	

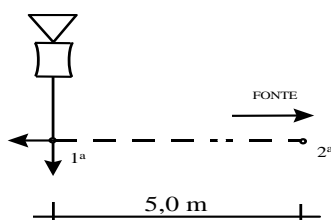
Vê-se então, que a partir de um certo número de hastes cravadas, a redução se torna desprezível e o processo de colocação de hastes verticais interligadas em paralelo torna-se anti-econômico a partir desse ponto.

Basicamente, a distância entre hastes paralelas é de 5 m e a quantidade de hastes alinhadas é de 5 unidades.

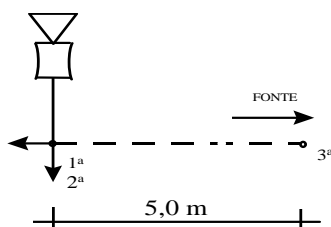
A malha de aterramento pode assumir várias configurações, porém a que apresenta menor resistência equivalente do conjunto é a de hastes paralelas alinhadas.

Os desenhos a seguir ilustram a sequência de cravação das hastes em paralelo alinhadas, até a obtenção do valor de resistência de terra desejado:

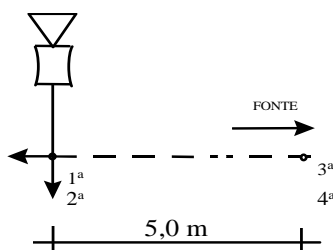
a) Em dois pontos, com hastes interligadas.





b) Em dois pontos, com três hastes, sendo duas profundas e outra interligada.

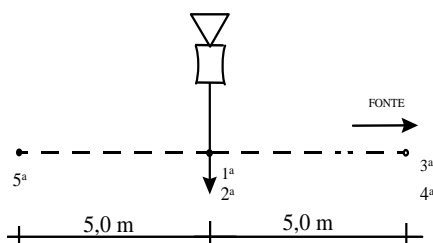


c) Em dois pontos, com quatro hastes, sendo duas profundas interligadas.

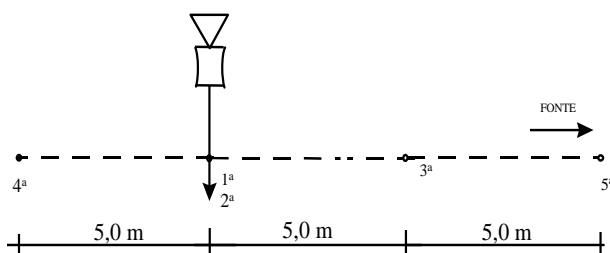


 COPEL Distribuição	MANUAL DE INSTRUÇÕES TÉCNICAS - MIT		 PARANÁ GOVERNO DO ESTADO	Título	Módulo	Folha
	TÍTULO: Fiscalização de Obras de Distribuição			31	04	34
	MÓDULO: Aterramento de Redes de Distribuição			Versão	Data	
				2.1	08.11.2018	

d) Em três pontos, com cinco hastes, sendo duas profundas junto ao poste onde está instalado o equipamento, duas profundas para o lado da fonte e uma para o lado oposto da fonte e interligadas.



e) Em quatro pontos, com cinco hastes, sendo duas profundas junto ao poste onde está instalado o equipamento, duas para o lado da fonte e uma para o lado oposto da fonte e interligadas.





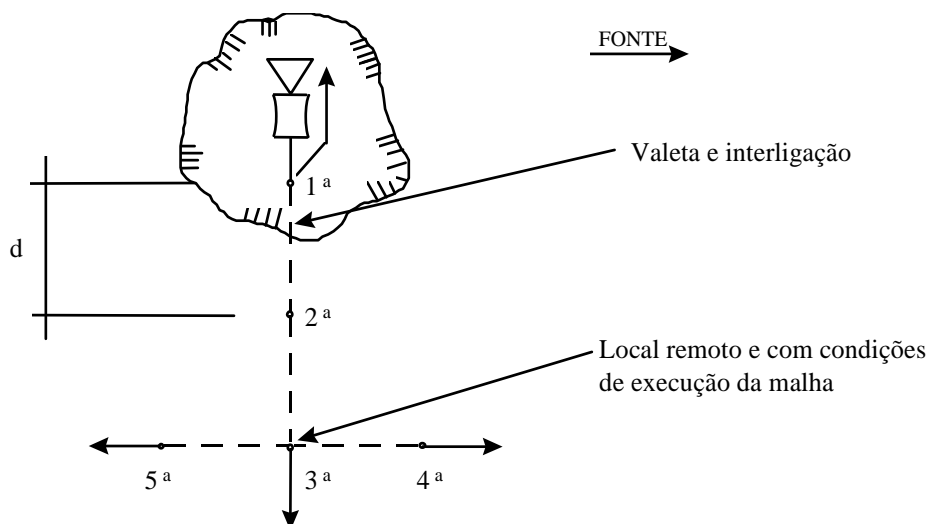
Obs.: A extensão total da malha de aterramento com hastes em paralelo, não deverá ultrapassar a 50 m, observando-se que a partir da 5ª haste a redução da resistência de terra se torna desprezível, conforme demonstrado no gráfico do item 4.5.3 .

4.5.4 - Aterramento Remoto

Em locais com laje aflorada ou a pequena profundidade, a malha de aterramento deve ser executada num ponto remoto a uma distância **d** do poste. Neste caso procede-se da seguinte forma:

- A 1ª haste deve ser cravada na própria cava do poste, a qual deve ser fechada com terra.
- A profundidade da valeta no trecho da rocha, não aflorada, para interligar a 1ª haste com a haste do ponto remoto, pode ser entre 0,30 m e 0,60 m.
- No trecho da rocha aflorada, a interligação com o ponto remoto pode ser realizado através de condutor aéreo, fixado em poste da rede.
- O local do ponto remoto, onde será construída a malha, deve ser o de menor distância **d** até o poste onde está instalado o equipamento.

 COPEL Distribuição	MANUAL DE INSTRUÇÕES TÉCNICAS - MIT		 PARANÁ GOVERNO DO ESTADO	Título	Módulo	Folha
	TÍTULO: Fiscalização de Obras de Distribuição			31	04	35
	MÓDULO: Aterramento de Redes de Distribuição			Versão	Data	
				2.1	08.11.2018	



5 - MEDIÇÃO DA RESISTÊNCIA DE ATERRAMENTO



Para efetuar uma medição de resistência de aterramento, é necessário que se tenha um ponto onde se injeta uma corrente e um ponto onde se retira esta corrente.

A corrente é injetada através do sistema de aterramento a ser medido e retirado através de um aterramento ou terra auxiliar que poderá ser composto de uma ou mais hastes interligadas.

Pela Lei de Ohms, a corrente injetada circulará pela terra e provocará na superfície da mesma uma tensão resultante do produto desta corrente pela resistência da terra até o ponto a ser medido.

Existem vários métodos para se efetuar uma medida de resistência de terra, porém o mais prático e mais utilizado é o da medida através do aparelho "MEGGER" ou similar.

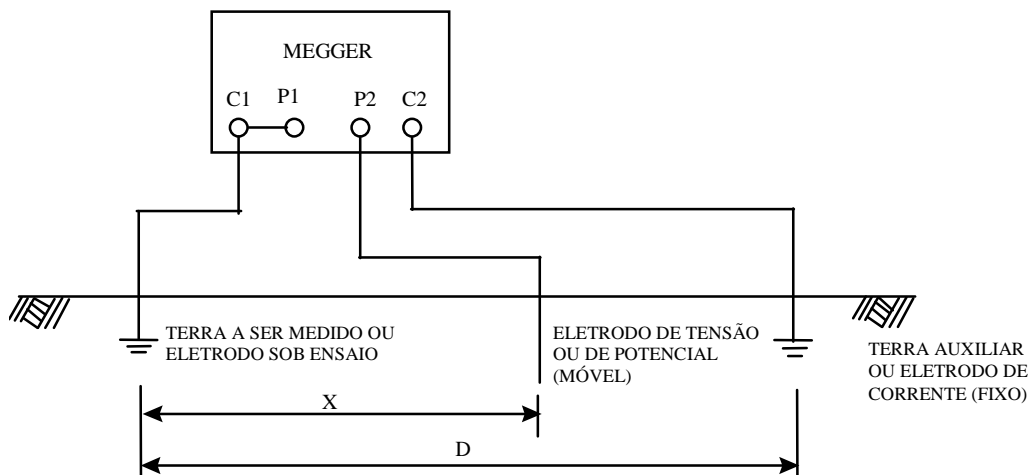
As conexões do aparelho e eletrodos devem estar firmes e limpos, de modo a não produzirem resistências nos contatos dos bornes.

	MANUAL DE INSTRUÇÕES TÉCNICAS - MIT			Título	Módulo	Folha
	TÍTULO: Fiscalização de Obras de Distribuição			31	04	36
	MÓDULO: Aterramento de Redes de Distribuição			Versão	Data	
				2.1	08.11.2018	

5.1 - Instalação do Aparelho

O aparelho poderá ser de 3 ou 4 terminais.

Quando for de 4 terminais, C1 e P1 deverão ser interligados, conforme figura a seguir:



Para que se tenha resultados confiáveis, é necessário que o aparelho utilizado seja de corrente alternada e que possua filtro para eliminação de interferências.



A localização do eletrodo de tensão com relação ao terra auxiliar é muito importante na determinação do valor real da resistência a ser medida. A resistência real do aterramento se dará quando a distância entre o terra a ser medido e o eletrodo de tensão for de aproximadamente 60% da distância entre o terra a ser medido e o terra auxiliar, ou seja:

$$X = 60\% D$$

5.2 - Determinação do Valor da Resistência de Terra

O valor da resistência de terra será obtido através dos seguintes procedimentos:

- Cravar os eletrodos de tensão e corrente a 24 m (dist. X) e 40 m (dist. D) respectivamente, do terra a ser medido.
- Escolher a escala apropriada, ou seja, aquela que corresponda a indicação mais próxima do final da escala do aparelho.
- Operar a chave do aparelho e anotar a 1ª leitura.

	MANUAL DE INSTRUÇÕES TÉCNICAS - MIT			Título	Módulo	Folha
	TÍTULO: Fiscalização de Obras de Distribuição			31	04	37
	MÓDULO: Aterramento de Redes de Distribuição			Versão	Data	
				2.1	08.11.2018	

- d) A 2ª leitura será obtida com o eletrodo de tensão deslocado de 3 m em relação a posição da 1ª leitura e no sentido do eletrodo sob ensaio (21 m do terra a ser medido).
- e) A 3ª leitura deverá ser obtida com o eletrodo de tensão deslocado 3 m em relação a posição da 1ª leitura e no sentido do eletrodo de corrente (27 m do terra a ser medido).
- f) Se a diferença entre as duas últimas leituras for inferior ou igual a 10% da 1ª leitura, o valor da resistência de terra é a média aritmética das três leituras.

Exemplo:

1ª leitura: 125 Ω
2ª leitura: 90 Ω
3ª leitura: 80 Ω

$$(90 - 80) / 125 = 0,08 = 8 \% < 10 \%$$

$$\text{Valor da resistência} = (125 + 90 + 80) / 3 = 98 \Omega$$

- g) Se a diferença entre as duas últimas leituras for superior a 10% da 1ª leitura, será necessário deslocar os eletrodos de potencial e de corrente, afastando-os aproximadamente 3 m do eletrodo sob ensaio, efetuando novas leituras.

O eletrodo de potencial deverá ficar sempre a 40% da distância do eletrodo de corrente.



O valor da resistência de terra será sempre a média aritmética das três leituras.

Obs.: Para cada malha de aterramento deve ser preenchido o formulário Malha de Aterramento de Transformadores - MAT, conforme o Anexo 03 do MIT 163101 - Procedimentos para Execução de Obras.

5.3 - Precauções de Segurança

A fim de se evitar acidentes durante a execução do aterramento, os seguintes procedimentos devem ser adotados:

- As pessoas envolvidas na execução do aterramento, devem utilizar equipamentos de proteção individual (EPIs), como luva e bota de couro isolada.
- A chave corta-circuito do equipamento ou da rede de alta tensão, deve estar desligada (aberta).
- Durante a medida de resistência do aterramento, o condutor de descida do poste (fio de aço-cobre), deve estar desconectado da haste ou malha de terra a ser medida.
- Não realizar a medição quando o solo estiver úmido e/ou chovendo, bem como, quando estiver muito seco.
- Não tocar nos eletrodos e/ou na fiação durante a medição.
- Evitar que pessoas estranhas e/ou animais se aproximem da área.

 COPEL Distribuição	MANUAL DE INSTRUÇÕES TÉCNICAS - MIT		Título	Módulo	Folha
	TÍTULO: Fiscalização de Obras de Distribuição		31	04	38
	MÓDULO: Aterramento de Redes de Distribuição		Versão	Data	
			2.1	08.11.2018	

6 - QUADRO DE REVISÕES DO DOCUMENTO

Versão	Início de vigência	Área responsável	Descrição
2.0	30/08/2013	SEE/DNGO	<ul style="list-style-type: none"> Atualização no formato do documento e revisão de critérios relacionados aos seguintes itens: Item 1, revisão e ajuste do texto referente a finalidade deste manual. Item 2, revisão e inclusão de normas, manuais e doc's Copel. Itens 3.1.1, 3.1.2, 3.1.4 e 3.1.5, atualização de procedimentos referente ao item aterramento da BT. Item 3.1.6, exclusão de item que descrevia procedimentos de interligação do neutro da rede secundária ao aterramento da cabina do edifício de uso coletivo em estruturas com terminais poliméricos. Item 3.2, inclusão de novos procedimentos referente ao item aterramento das massas dos equipamentos. Itens 3.3 e 3.3.1, revisão dos procedimentos do item aterramento da AT e mensageiro da RDC. Item 3.3.2, inclusão de observação no item resistência máxima de aterramento. Itens 3.4.1 e 3.4.2, revisão e atualização dos procedimentos referentes aos itens consumidores atendidos em BT e AT. Item 3.5.4, adequação de texto do item parreirais e assemelhados sob RD. Itens 3.7 e 3.7.2, revisão e exclusão de procedimentos dos itens aterramento temporário e aterramento temporário para RDC. Item 3.7.1, inclusão do item aterramento temporário para RSI. Item 4.1, revisão dos procedimentos do item materiais e equipamentos utilizados. Itens 4.2 e 4.3, inclusão dos itens execução da conexão fio/fio e haste/fio. Item 4.4, alteração de título de item para execução da conexão haste/haste e revisão de procedimentos. Item 4.4.1, revisão dos procedimentos do item recomendações para execução da soldagem. Itens 4.5, 4.5.1, 4.5.2, 4.5.3 e 4.5.4, inclusão, exclusão e alteração de procedimentos referentes a execução da malha. Item 5 (na versão 1), exclusão do item tratamento químico do solo. Itens 5.2 e 5.3, atualização de procedimentos referente aos itens determinação do valor da resistência de terra e precauções de segurança.
2.1	12/02/2019	SEE/DERG	<ul style="list-style-type: none"> Item 3.1.4, incluído procedimento para aterramento para atendimento a equipamento Copel. Item 3.2, alterado conforme NTCs 858110, 858115, 858118 e 858119 – RAs.

7 - APROVAÇÃO

Esta versão do Manual entra em vigor em 12 de fevereiro de 2019.

Visto SEE/DERG

Marcos André Basseto.
Gerente do Departamento Expansão de Redes e Gerenciamento de Infraestrutura

Aprovação:

Francis de Alencar Prado
Superintendente de Engenharia de Expansão