

 Público	Tipo de Documento:	Especificação Técnica
	Área de Aplicação:	Engenharia de Normas e Padrões
	Título do Documento:	Poste Auto Aterrado - Especificação Técnica

SUMÁRIO

1	OBJETIVO.....	3
2	ÂMBITO DE APLICAÇÃO.....	3
3	DEFINIÇÕES.....	3
3.1	Armadura	3
3.2	Comprimento nominal (L)	3
3.3	Seção transversal.....	3
3.4	Base	3
3.5	Topo.....	3
3.6	Aterramento.....	3
3.7	Poste auto aterrado	3
3.8	Ponto de conexão à terra	3
3.9	Engastamento do poste.....	4
3.10	Concreto condutivo	4
3.11	Resistividade elétrica do concreto	4
3.12	Carvão coque.....	4
3.13	Coque metalúrgico	4
4	DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA	4
5	RESPONSABILIDADES.....	4
6	REGRAS BÁSICAS	5
6.1	Requisitos específicos	5
6.1.1	Concreto	5
6.1.2	Concreto condutivo	5
6.1.3	Conexões de aterramento.....	7
6.2	Tubulação para interligação de malha de terra complementar.....	11
6.3	Características de montagem	11
6.3.1	Armadura	11
6.3.2	Conexões de aterramento.....	12
6.3.3	Componente de ligação externa.....	15
6.3.4	Furos no poste para o condutor de aterramento	16
6.3.5	Massa de concreto condutivo.....	16
6.3.6	Identificação de poste auto aterrado de P&D	17

 <i>Público</i>	Tipo de Documento:	Especificação Técnica
	Área de Aplicação:	Engenharia de Normas e Padrões
	Título do Documento:	Poste Auto Aterrado - Especificação Técnica

6.3.7	Identificação de poste auto aterrado	18
6.4	Homologação de fornecedores de poste auto aterrado	18
6.5	Padronização dos tipos de poste auto aterrado	19
6.6	Inspeção e ensaios.....	19
6.6.1	Ensaio de recebimento/rotina.....	19
6.6.2	Ensaio de tipo/ensaio de validação de amostras	20
6.6.3	Ensaio complementares	20
6.6.4	Conformidade dos terminais de aterramento.....	20
6.7	Liberação para manuseio e transporte	21
6.8	Condição Elétrica	21
7	CONTROLE DE REGISTROS	21
8	ANEXOS	21
8.1	Anexo 1 – Tensão Suportável de Impulso Atmosférico Ensaio de Tensão de Impulso Atmosférico em Modelo Reduzido de Poste Autoaterrado	21
8.1.1	Procedimentos para Ensaio de Impulso Atmosférico	22
8.2	Anexo 2 – Medição da Resistividade Elétrica do Concreto	23
9	REGISTRO DE REVISÃO	25
9.1	Colaboradores.....	25
9.2	Alterações	26

 <i>Público</i>	Tipo de Documento:	Especificação Técnica
	Área de Aplicação:	Engenharia de Normas e Padrões
	Título do Documento:	Poste Auto Aterrado - Especificação Técnica

1 OBJETIVO

Este padrão técnico tem por objetivo fixar as características mínimas exigíveis para fabricação e aceitação de postes de concreto armado auto aterrado circular e duplo T para redes de distribuição.

2 ÂMBITO DE APLICAÇÃO

Esta padronização se aplica para as redes de distribuição primárias e secundárias das concessionárias de energia do Grupo CPFL.

3 DEFINIÇÕES

Para os efeitos desta especificação, devem ser adotadas as seguintes definições:

3.1 Armadura

Conjunto de barras de aço, fios e cordoalhas dispostos longitudinalmente e estribos de aço compondo a parte transversal ao eixo, sendo solidarizados por solda ou amarração.

3.2 Comprimento nominal (L)

Distância entre o topo e a base do poste.

3.3 Seção transversal

Plano normal ao eixo longitudinal do poste.

3.4 Base

Seção transversal extrema da parte inferior do poste.

3.5 Topo

Seção transversal extrema da parte superior do poste.

3.6 Aterramento


Acoplamento permanente de partes metálicas ao solo com o propósito de formar um caminho condutor de eletricidade, assegurar continuidade elétrica e capacitar uma condução segura a qualquer que seja o tipo de corrente.

3.7 Poste auto aterrado

Poste de concreto armado, de qualquer tipo ou seção, concebido de tal forma que as barras de aço longitudinais da armação da estrutura, são utilizadas com a função de eletrodo de aterramento da instalação elétrica a que pertence.

3.8 Ponto de conexão à terra

Ponto localizado na face do poste onde componentes são utilizados como meio de conexão entre a barra de aço longitudinal da armação do poste e o condutor terra e/ou neutro da instalação.

 Público	Tipo de Documento:	Especificação Técnica
	Área de Aplicação:	Engenharia de Normas e Padrões
	Título do Documento:	Poste Auto Aterrado - Especificação Técnica

3.9 Engastamento do poste

Ato de fixar o poste ao solo/fundação para transferência dos esforços solicitantes (cargas horizontais, verticais e momentos).

3.10 Concreto condutivo

Concreto onde o(s) agregado(s) de alta condutividade elétrica (brita, areia..) é(são) substituído(s) por agregado(s) de baixa resistividade elétrica, aumentando sua condutibilidade elétrica em qualquer condição de umidade.

3.11 Resistividade elétrica do concreto

É a condição de condutibilidade elétrica do concreto, ou seja, a sua capacidade de permitir a passagem de uma corrente elétrica.

3.12 Carvão coque

É um subproduto do carvão mineral e é obtido através do processo de coqueificação, onde o carvão mineral é submetido a altas temperaturas na ausência de oxigênio. O coque aparece no final da queima na forma de um resíduo sólido e poroso. O coque é utilizado nos fornos como combustível (coque de fundição) para transformação do ferro em aço e em alguns casos exerce a função de redutor na produção de diversos metais, como no caso de redução de óxidos no minério de ferro formando o ferro Gusa.

3.13 Coque metalúrgico

O coque metalúrgico é oriundo do peneiramento do coque de fundição.


4 DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA

O poste objeto desta padronização deve se ater às seguintes normas técnicas ou outras que assegurem igual ou superior qualidade:

- NBR 8451 - Postes de concreto armado e protendido para redes de distribuição e de transmissão de energia elétrica”, Parte 1: Requisitos; Parte 2: Padronização de postes para redes de distribuição de energia elétrica; Parte 3: Ensaio mecânicos e inspeção; Parte 4: Determinação da absorção de água;
- Norma Técnica CPFL nº 1347 - Poste de concreto circular;
- Norma Técnica CPFL nº 3073 - Poste de concreto armado de seção duplo T.

5 RESPONSABILIDADES

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

 Público	Tipo de Documento:	Especificação Técnica
	Área de Aplicação:	Engenharia de Normas e Padrões
	Título do Documento:	Poste Auto Aterrado - Especificação Técnica

6 REGRAS BÁSICAS

6.1 Requisitos específicos

O poste auto aterrado deve ser fabricado e inspecionado conforme a norma NBR 8451 – Partes 1 a 4, GED 1347 e GED 3073, atentando-se ainda para as particularidades descritas neste padrão técnico conforme segue:

6.1.1 Concreto

A resistência característica do concreto (fck) deve atender à classe de agressividade ambiental III da tabela 2 da ABNT NBR 12655:2006.

Concreto armado	Classe III
Relação água/cimento em massa	≤ 0,55
Classe de concreto	≥ C30 (*)
Consumo de cimento por metro cúbico de concreto kg/m³	≥ 320 (**)

Tabela 1 - Correspondência entre classe de agressividade III e qualidade do concreto (tabela 2 da NBR 12655)

(*) ≥C30 corresponde a fck ≥ 30Mpa.

(**) ver consumo de cimento para o concreto condutivo no item 5.2.

6.1.2 Concreto condutivo

Da base do poste até a altura de 100 cm na fabricação do poste auto aterrado deve ser utilizada massa condutiva com a mesma resistência à compressão definida para o concreto utilizado na fabricação do corpo do poste e composta pelos seguintes materiais: Cimento Ari, areia média, coque metalúrgico fino, sílica ativa e aditivo plastificante ou superplastificante.

A granulometria do carvão coque metalúrgico deve atender a peneira 80 mesh.

O abatimento da massa (slump) deve situar-se entre 2,0 e 10,0 cm. Ajustes no abatimento decorrente do processo produtivo utilizado fica a critério do fabricante de postes.

No caso de utilização de concreto auto adensável o abatimento da massa condutiva pode acompanhar o utilizado na massa de concreto convencional desde que sejam tomados os cuidados necessários para separação das massas de concreto na fôrma (ver item 6.5).


A tabela 2 mostra o traço da massa de concreto condutivo para o poste auto aterrado:

Componentes	em Volume
Cimento CPIV - Ari	1
Areia média	2,6
Coque metalúrgico	0,95
Sílica Ativa – 10% cimento	0,1
Aditivo plastificante / Superplastificante – 1% cimento	0,01
Água/Cimento (L)	0,50

Tabela 2 – Traço da massa de concreto condutivo

O consumo de cimento para o concreto condutivo deve ser igual a 394 kg/m³.

A densidade média da massa do concreto condutivo para este traço é igual a 1850 kg/m³.

 Público	Tipo de Documento:	Especificação Técnica
	Área de Aplicação:	Engenharia de Normas e Padrões
	Título do Documento:	Poste Auto Aterrado - Especificação Técnica

Importante: O módulo de finura da areia média deve ser $\leq 2,50$. Caso a granulometria da areia média não for adequada a massa de concreto condutivo terá baixa coesão. Neste caso para melhorar a trabalhabilidade da massa será necessário a adição de areia fina na massa na proporção de 3:1 (areia média – areia fina) da areia total.

Notas:

- O valor de 1% do uso de aditivo na massa de concreto condutivo é aplicável aos tipos mais utilizados pelos fabricantes de postes. Entretanto, dada a variedade de tipos de aditivos plastificantes/superplastificantes disponíveis no mercado recomenda-se, antes de sua utilização, consultar o valor médio sugerido pelo fornecedor.
- Aditivos aeradores não podem ser utilizados na massa de concreto condutivo.
- A tabela 3 apresenta uma referência da massa de concreto condutivo em função do volume da base para cada tipo de poste auto aterrado:

Tipo de poste (m/daN)	ØB (mm) - base	Volume da massa em m3 em 1m da base (normativo)	Volume da massa em m3 considerando CPs e perdas	Massa de concreto condutivo em kg D=1850 kg/m3
9/200	350/305	0,0231	0,0462	85,0
9/400	370/325	0,0246	0,0492	91,0
9/600	410/365	0,0274	0,0548	101,0
11/200	360/305	0,0287	0,0575	106,0
11/400	390/335	0,0313	0,0626	116,0
11/600	410/355	0,0330	0,0660	122,0
11/1000	450/395	0,0365	0,0730	125,0
12/400	410/350	0,0358	0,0716	132,0
12/600	430/370	0,0377	0,0754	140,0
12/1000	470/410	0,0415	0,0830	154,0
12/1200	530/470	0,0471	0,0942	174,0
13/600	450/385	0,0426	0,0852	158,0
13/1000	490/425	0,0467	0,0934	173,0
15/1000	530/455	0,074	0,1477	273,0
18/1000	590/500	0,098	0,1962	363,0

Tabela 3 – Massa de concreto condutivo para cada poste auto aterrado circular


A tabela 4 apresenta exemplos de formulação do traço do concreto condutivo em massa.

Dados:

- Consumo de cimento = 394 kg/m3
- Densidade da massa = 1850 kg/m3
- Traço: 1:2,6:0,95:0,1:0,01

Massa (kg) = Densidade (kg/m3) * Volume (m3)

COMPONENTES	Para 100 Kg de massa	Para 150 kg de massa
M3 de massa	0,0541	0,0811
Cimento Ari	21,64	32,0

 Público	Tipo de Documento:	Especificação Técnica
	Área de Aplicação:	Engenharia de Normas e Padrões
	Título do Documento:	Poste Auto aterrado - Especificação Técnica

Areia média	56,26	83,2
Coque metalúrgico	20,56	30,4
Sílica Ativa – 10% cimento	2,16	3,2
Aditivo plastificante / Superplastificante – 1% cimento	0,216	0,32
Água/cimento (L) – 0,5 cimento	10,82	16,0

Tabela 4 – Formulação do concreto condutivo em kg

6.1.3 Conexões de aterramento

Para que os vergalhões de aço da armação do poste de concreto de rede de distribuição funcionem como eletrodo de aterramento da instalação é necessário estabelecer uma interligação entre a armadura interna do poste e os condutores de aterramento da rede de distribuição de energia elétrica.

Esta interligação é realizada por componentes de conexão especialmente projetados para garantir bom contato no vergalhão de aço do poste e também para evitar a ocorrência de pilha eletrolítica e a corrosão galvânica devido a ligação de metais diferentes.

São dois os pontos de conexão à terra no poste de rede de distribuição um superior e outro inferior.

O dispositivo de conexão à terra superior tem a função de possibilitar a ligação do condutor de descarga de para-raios, do condutor neutro da rede e condutores de equalização de potencial da instalação e, o dispositivo de conexão à terra inferior permite a medição da resistência de aterramento do poste, a conexão de aterramento temporário durante serviços na rede e a interligação de malhas de terra complementares, se necessário.

Os componentes de conexão superior e inferior, obrigatoriamente, devem estar ligados na mesma barra de aço longitudinal da armação do poste (barra mestre). Esta barra não pode ter emendas e deve se estender da base até o topo do poste.

Em geral, na área urbana ou rural, neste modelo de poste a utilização de hastes de terra é dispensada, sendo o aterramento exercido pelo próprio poste.

Em locais onde são previstas malhas de terra especiais para equalização de potenciais de passo e toque estas malhas devem ser interligadas ao poste auto aterrado no ponto da conexão de medição (ver item 5.3).

6.1.3.1 Terminal de aterramento

O componente de conexão à terra denominado terminal de aterramento é um grampo prisioneiro em forma de Z apropriado para fixação mecânica no vergalhão de ferro da armação do poste de concreto e com ponto para conexão externa.

O desenho específico do terminal de aterramento permite que ele seja utilizado tanto na posição normal como na posição invertida atendendo as necessidades de uso nos postes de entrada de energia.

Para os postes de rede de distribuição os terminais de aterramento foram projetados para fabricação pelos processos estamparia ou fundição com as seguintes características técnicas:

- Processo de estamparia: em chapa de aço inox 316 L, espessura 2,5 mm ou em chapa de latão, espessura 3 mm, revestido com estanho em camada de 8 a 12 microns e demais características mostradas na Figura 1.
- Processo de fundição: em duralumínio revestido com níquel e estanho em camada de 8 a 12 microns e demais características mostradas na Figura 2.

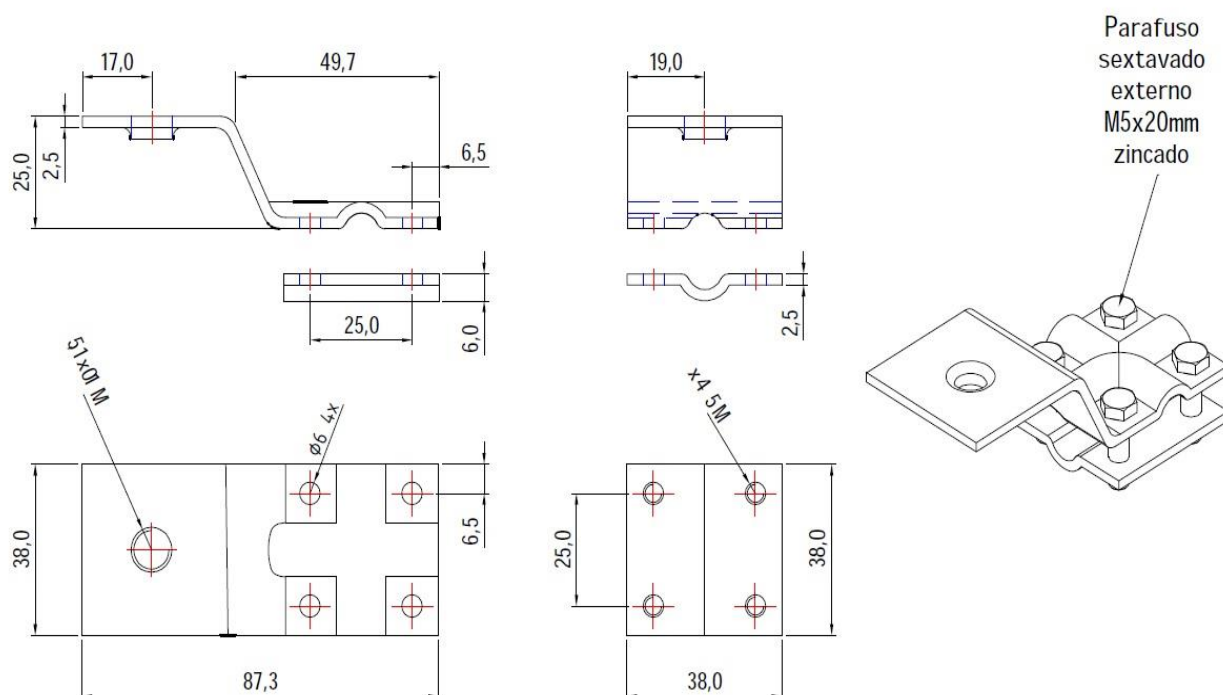


Figura 1 – Terminal de aterramento “Z”, em inox, fabricado pelo processo de estampagem.

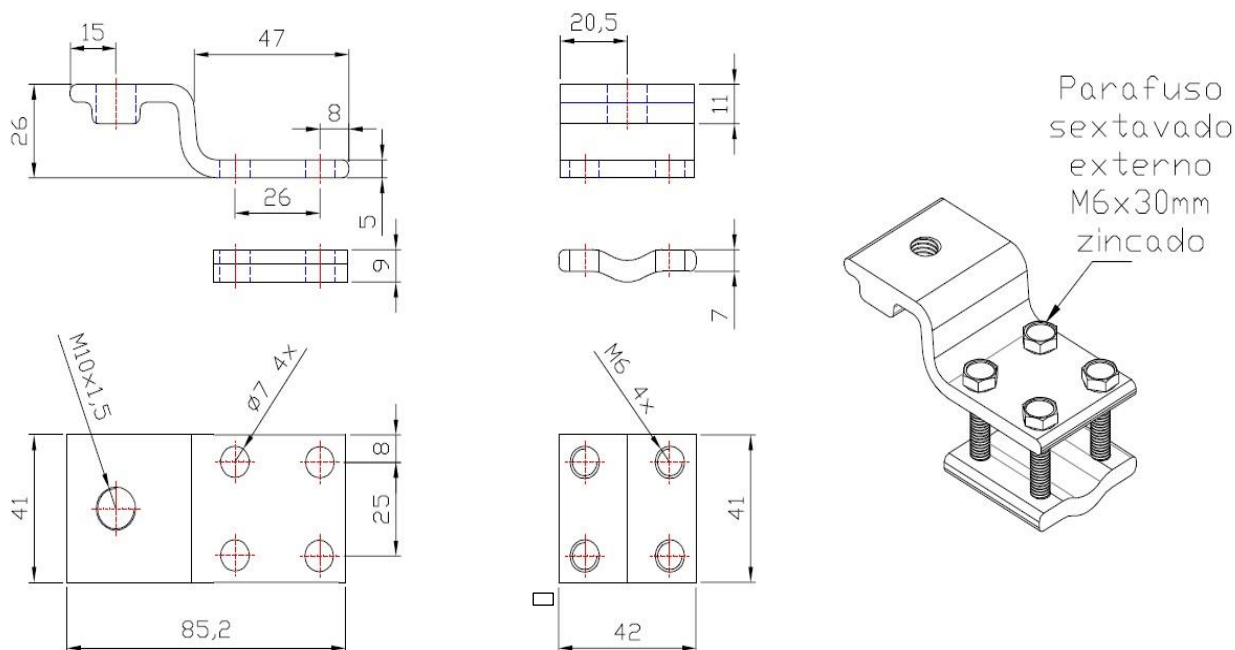


Figura 2 – Terminal de aterramento “Z”, em alumínio, fabricado pelo processo de extrusão e estampagem.

Especificação dos componentes:

- Parafusos de aperto:
 - Terminal de aço inox: Parafuso de aço zincado eletrolítico M5 x 1, L=30mm, com cabeça sextavada.
 - Terminal de alumínio: Parafuso de aço zincado eletrolítico M6 x 1, L=30mm, com cabeça sextavada.
- Rosca da furação da cabeça do terminal = M10 passo 1,5
 - Proteção da rosca da cabeça – Parafuso de aço zincado eletrolítico, M10 x 1,5, L=12,5mm


 Público	Tipo de Documento:	Especificação Técnica
	Área de Aplicação:	Engenharia de Normas e Padrões
	Título do Documento:	Poste Auto Aterrado - Especificação Técnica



Figura 3 – Terminais de aterramento

Os terminais de aterramento devem ser obtidos diretamente pelos fabricantes de postes, exclusivamente, de fornecedores homologados pela CPFL.

Notas importantes:


- a) O fabricante de postes será responsabilizado por qualquer problema advindo da má qualidade dos terminais de aterramento, se ocorrer.
- b) Para certificar-se da procedência e qualidade do terminal, junto à CPFL, o fabricante de postes deverá guardar o certificado de qualidade do material e relatório de ensaios de cada lote de terminais de aterramento adquiridos, obtido do fabricante homologado (item 8.4).

6.1.3.2 Identificação do terminal

Cada peça de terminal de aterramento deve possuir a seguinte identificação impressa na cabeça:

- Nome do fabricante em letras maiúsculas;
- Número deste padrão técnico na seguinte formatação: GED 16409.

As letras devem possuir 6mm +- 1mm de altura e a inscrição devem ser posicionadas conforme a Figura 4.

 Público	Tipo de Documento: Especificação Técnica
	Área de Aplicação: Engenharia de Normas e Padrões
	Título do Documento: Poste Auto Aterrado - Especificação Técnica

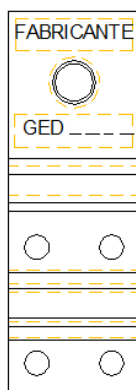


Figura 4 – Identificação do terminal

6.2 Tubulação para interligação de malha de terra complementar

O poste auto aterrado deve possuir uma tubulação de passagem para possibilitar a interligação de malha de terra complementar, se necessário.

A tubulação deve ser de PVC liso ou corrugado, $\varnothing 1/2"$ (12,5mm), embutido no concreto da base do poste iniciando logo abaixo do terminal de aterramento inferior e saindo 50 cm abaixo da linha de engastamento do poste – Figura 5.

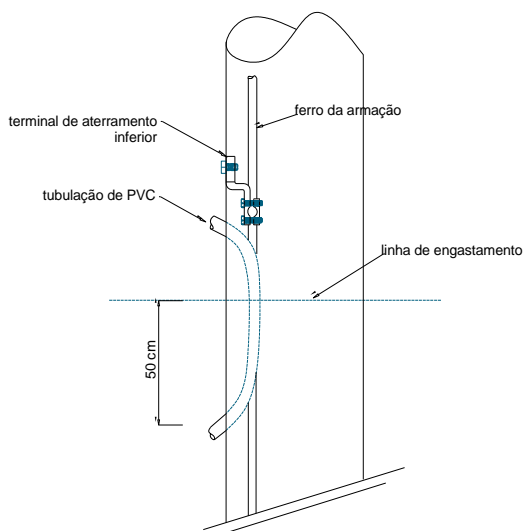



Figura 5 – Tubulação para interligação de malha de terra complementar

6.3 Características de montagem

6.3.1 Armadura

As armaduras longitudinais e transversais (estribos) dos postes auto aterrados devem ser dimensionadas para carga nominal, cargas de manuseio e montagem, seguindo o padrão estabelecido pela ABNT NBR 8451 e suas referências.

 Público	Tipo de Documento: Especificação Técnica
	Área de Aplicação: Engenharia de Normas e Padrões
	Título do Documento: Poste Auto Aterrado - Especificação Técnica

As condições de cobertura, afastamento, espaçamentos e emendas devem obedecer a ABNT NBR 8451 – Parte 1.

Além disso devem ser obedecidas as seguintes particularidades:

- O vergalhão de aço longitudinal que servirá de barra mestre (onde serão fixados os conectores terra) deve ter diâmetro mínimo de 8mm e deve ser contínuo sem emendas da base do poste até o topo.
- Independente da capacidade do poste, deve existir um estribo transversal imediatamente abaixo do terminal de aterramento superior (cerca de 5cm) constituído de aço Ø5mm, soldado em todos os vergalhões longitudinais da armadura (Figuras 6 e 7).

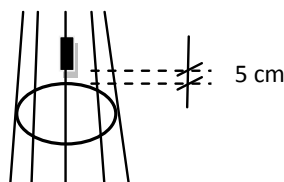


Figura 6 – Estribo poste circular

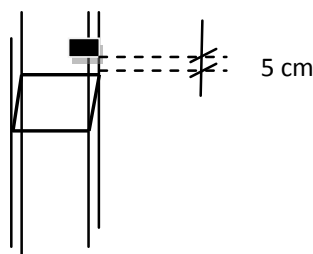


Figura 7 – Estribo - Poste duplo T

6.3.2 Conexões de aterramento

A conexão de aterramento pode ser em material alumínio ou em aço inox. O tipo de rosca dessa conexão deverá ser do tipo M10 com passo 1,5 para os dois tipos de materiais para possibilitar boa conexão com o parafuso Split Bolt. A rosca do parafuso também deverá ter rosca tipo M10 passo 1,5 compatibilizando com a conexão no poste.

Os terminais de aterramento superior e inferior devem ser fixados na barra mestre da armadura do poste antes da concretagem da fôrma.

Os terminais de aterramento superior e inferior devem ser posicionados na barra mestre da armadura do poste de acordo com as medidas apresentadas na Figura 8 e definidas na tabela 5.

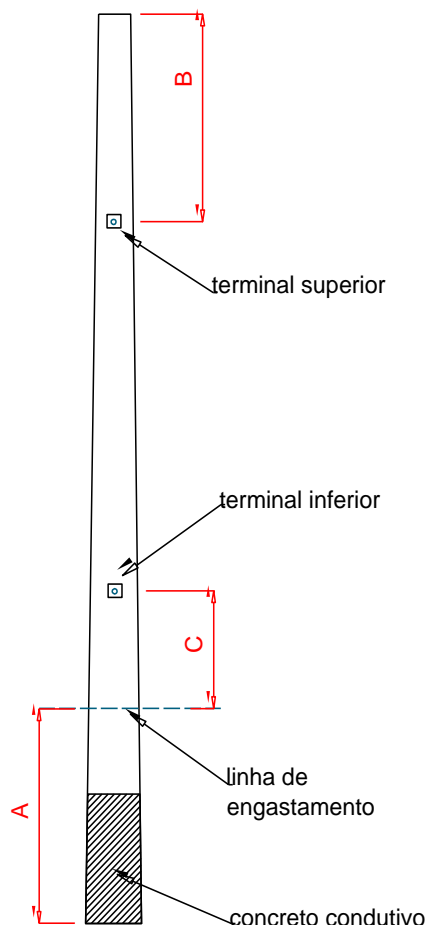


Figura 8 – Posicionamento dos terminais de aterramento

Altura do poste (m)	Medida A (mm) ± 15	Medida B (mm) ± 25	Medida C (mm) ± 25
	Engastamento	Terminal superior	Terminal inferior
9	1500	900	400
10	1600	975	
11	1700	1875	
12	1800	2775	
13	1900	2775	

Tabela 5 – Disposição dos terminais de aterramento

No poste circular a barra mestre deve ser posicionada no centro da fôrma para fixação do terminal de aterramento. Neste caso o terminal é fixado no sentido longitudinal da armadura - Figura 9.



Figura 9 – Terminal de aterramento na barra mestre - poste circular


No poste duplo T a barra mestre para fixação do terminal de aterramento será uma das barras laterais da armadura. Neste caso o terminal é posicionado no sentido transversal da armadura - Figura 10.



Figura 10 – Terminal de aterramento na barra mestre - poste duplo T

Notas:

- Antes da concretagem do poste deve ser instalado um parafuso de aço zincado eletrolítico, 3/8" x 12,5mm com rosca M10 passo 1,5, na furação da cabeça do terminal para proteção da rosca. Este parafuso deve permanecer até o transporte do poste.
- Os parafusos de aperto e de proteção da rosca da cabeça podem ser adquiridos do próprio fabricante do terminal ou separadamente.

 Público	Tipo de Documento:	Especificação Técnica
	Área de Aplicação:	Engenharia de Normas e Padrões
	Título do Documento:	Poste Auto Aterrado - Especificação Técnica

Após a concretagem, os terminais de aterramento ficam embutidos no concreto e com a cabeça nivelada com a face externa do poste – Figura 11.

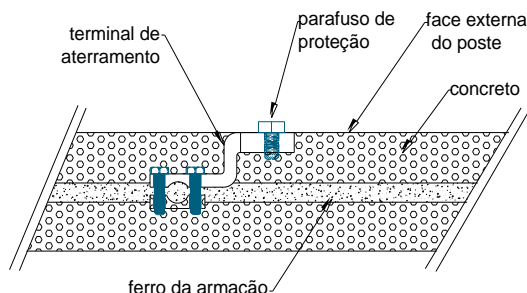


Figura 11 – Terminal de aterramento no poste após concretagem

6.3.3 Componente de ligação externa

6.3.3.1 No ponto superior:

Para ligação dos condutores de aterramento da instalação elétrica no ponto superior do poste auto aterrado de rede de distribuição deve ser utilizado um terminal de pressão tipo parafuso fendido (split bolt) de rabicho com porca de latão.

Este componente deve ser fixado na furação da cabeça do conector de aterramento, aparente na face do poste, durante a montagem da instalação – Figura 12.

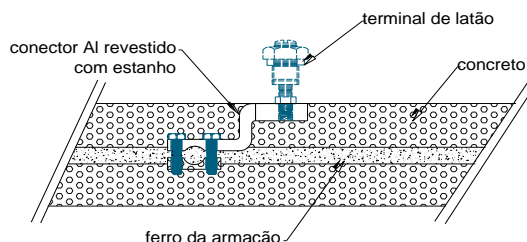



Figura 12 – Montagem do terminal parafuso fendido de rabicho

O terminal parafuso fendido de rabicho deve ser fabricado em bronze com porca de bronze e possuir as medidas Ø35mm² com rosca M10 passo 1,5 – Figura 13.



Figura 13 – Conector parafuso fendido de rabicho com porca

Nota importante: Não devem ser utilizadas porcas de aço galvanizado eletrolítico pois são susceptíveis a corrosão podendo causar mau contato na conexão.

 Público	Tipo de Documento:	Especificação Técnica
	Área de Aplicação:	Engenharia de Normas e Padrões
	Título do Documento:	Poste Auto aterrado - Especificação Técnica

6.3.2 No ponto inferior:

Para medição:

O cabo de medição no sistema 3 pontos deve ser fixado diretamente no parafuso conectado na furação do terminal de aterramento.

Para ligação de aterramento temporário:

O estribo para ligação do cabo do aterramento temporário deve ser conectado diretamente na furação da cabeça do terminal de aterramento.

Para interligação de malhas de terra complementares:

O cabo de ligação poste – malha de terra deve ser passado pela tubulação na base do poste que sai 50cm abaixo do solo.

A ponta do cabo de interligação deve possuir um terminal de compressão de aço revestido com estanho ou de latão, que deve ser fixado no terminal de aterramento com parafuso de aço inox com rosca M10 passo 1,5 L =12,5mm.

Nota: No caso de interligação com malha de terra não pode ser aproveitado o parafuso de aço galvanizado eletrolítico enviado pelo fabricante de poste.

6.3.4 Furos no poste para o condutor de aterramento


No poste auto aterrado não é necessária a confecção dos 2 (dois) furos para a passagem do condutor de aterramento (poste circular) ou a instalação de tubo de PVC interno (poste duplo T) pois a própria armação executa a função de condutor de aterramento.

6.3.5 Massa de concreto condutivo

Cerca de 70% da massa condutiva, com baixo abatimento, deve ser colocada na base do poste antes da colocação do concreto convencional, utilizando-se vibração para preencher o espaço de 1m no comprimento do poste, evitando o escorrimento excessivo.



Figura 14 – Preenchimento da fôrma com concreto condutivo

 Público	Tipo de Documento:	Especificação Técnica
	Área de Aplicação:	Engenharia de Normas e Padrões
	Título do Documento:	Poste Auto Aterrado - Especificação Técnica

O restante da massa de concreto condutivo deve ser adicionada em conjunto com o preenchimento do poste com o concreto convencional.



Figura 15 – Concretagem do poste duplo T

Este procedimento visa evitar que o concreto condutivo de menor densidade que o concreto convencional seja forçado para fora da fôrma pelo concreto convencional mais denso.

6.3.5.1 Concreto Auto adensável ou de alto slump:

O preenchimento da base e do corpo do poste podem ser feitos ao mesmo tempo desde que seja feita uma separação adequada entre os dois concretos que evite a mistura franca entre eles. Esta separação pode ser feita com separadores de cimento ou plástico colocados nos ferros da armação conforme figura abaixo.




Figura 16 – Uso de espaçadores como separadores

6.3.6 Identificação de poste auto aterrado de P&D

A identificação dos postes auto aterrados deve ser feita conforme a norma NBR 8451 – Parte 1 para identificação feita diretamente no concreto (item 4.1.1). As anotações devem seguir o modelo da Figura 18.

Nota: Não será adotada a identificação por placa metálica.

 Público	Tipo de Documento: Especificação Técnica
	Área de Aplicação: Engenharia de Normas e Padrões
	Título do Documento: Poste Auto Aterrado - Especificação Técnica

Além da identificação principal os postes auto aterrados devem apresentar a identificação complementar com os dizeres PAA / P&D ANEEL pintada no concreto, na face frontal do poste, na altura de 3700 mm da base do poste, conforme Figura 17.

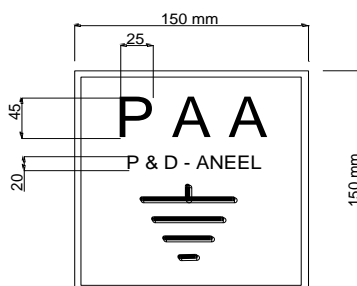


Figura 17 – Identificação complementar do poste

Na pintura as letras e símbolo deverão ser na cor verde escuro e o fundo em amarelo.

Nota: Os postes das obras executadas por terceiros ou loteamentos particulares, não deverá conter a logomarca do poste com a marca da distribuidora.

6.3.7 Identificação de poste auto aterrado

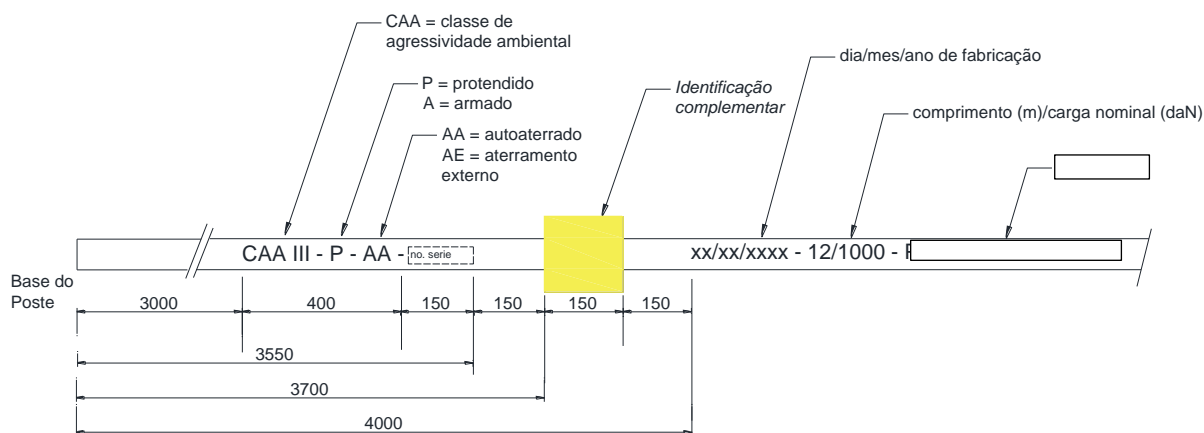



Figura 18 – Modelo de identificação de poste

6.4 Homologação de fornecedores de poste auto aterrado

Para fornecimento de postes auto aterrados para as empresas da CPFL Energia os fabricantes devem estar habilitados na CPFL como fornecedores de postes para redes de distribuição e devem providenciar o seguinte:

- Relatório de testes de protótipo de poste auto aterrado conforme item 8.1 e 8.2
- Relatório de testes de terminal de aterramento conforme item 8.3
- Referência do fornecedor de agregado coque metalúrgico e tipo de aditivo utilizado na massa de concreto condutivo.

Nota: O contato inicial para homologação deverá ser feito com a área centralizada de Engenharia de Normas e Padrões da CPFL.

 Público	Tipo de Documento:	Especificação Técnica
	Área de Aplicação:	Engenharia de Normas e Padrões
	Título do Documento:	Poste Auto Aterrado - Especificação Técnica

6.5 Padronização dos tipos de poste auto aterrado

Os tipos de Postes Auto Aterrados padronizados são os seguintes:

ITEM	DESCRIÇÃO POSTE AUTO ATERRADO	Código SAP	UnC
1	POSTE CONCRETO CIRC AUTO ATERRADO 5/4	50-000-037-807	
2	POSTE CONCRETO CIRC AUTO ATERRADO 9/2	50-000-032-840	50191
3	POSTE CONCRETO CIRC AUTO ATERRADO 9/4	50-000-032-841	50192
4	POSTE CONCRETO CIRC AUTO ATERRADO 9/6	50-000-032-842	50193
5	POSTE CONCRETO CIRC AUTO ATERRADO 9/10	50-000-037-808	
6	POSTE CONCRETO CIRC AUTO ATERRADO 11/2	50-000-032-843	50194
7	POSTE CONCRETO CIRC AUTO ATERRADO 11/4	50-000-032-845	50195
8	POSTE CONCRETO CIRC AUTO ATERRADO 11/6	50-000-032-846	50196
9	POSTE CONCRETO CIRC AUTO ATERRADO 11/10	50-000-032-847	50211
10	POSTE CONCRETO CIRC AUTO ATERRADO 11/15	50-000-037-809	
11	POSTE CONCRETO CIRC AUTO ATERRADO 12/4	50-000-032-848	50199
12	POSTE CONCRETO CIRC AUTO ATERRADO 12/6	50-000-032-849	50200
13	POSTE CONCRETO CIRC AUTO ATERRADO 12/10	50-000-032-850	50212
14	POSTE CONCRETO CIRC AUTO ATERRADO 12/12	50-000-032-851	50201
15	POSTE CONCRETO AUTO ATERRADO CIRC 12/15	50-000-037-810	
16	POSTE CONCRETO CIRC AUTO ATERRADO 13/6	50-000-032-852	50203
17	POSTE CONCRETO CIRC AUTO ATERRADO 13/10	50-000-032-853	50213
18	POSTE CONCRETO AUTO ATERRADO CIRC 13/20	50-000-037-811	
19	POSTE CONCRETO CIRC AUTO ATERRADO 15/10	50-000-032-855	50215
20	POSTE CONCRETO CIRC AUTO ATERRADO 18/10	50-000-032-857	50218

Tabela 6 – Tipos de Postes Auto Aterrados padronizados

6.6 Inspeção e ensaios


Para recebimento de um lote de postes auto aterrados, deve-se proceder à:

- Verificação do controle da qualidade;
- Inspeção geral;
- Ensaios.

6.6.1 Ensaios de recebimento/rotina

Devem ser realizados os ensaios previstos na NBR 8451 – Parte 1 e Parte 3, norma técnica CPFL GED 1347– “Poste de concreto circular” e norma Técnica CPFL GED 3073– “Poste de concreto armado de seção duplo T”.

Nota 1: O Ensaio de Tensão Suportável de Impulso Atmosférico não será exigido para Qualificação/Homologação de novos fornecedores. Porém pode ser um requisito especial solicitado pela Engenharia decorrente de outros fatores. Caso seja necessário deverá ser efetuado conforme anexo 1.

 Público	Tipo de Documento:	Especificação Técnica
	Área de Aplicação:	Engenharia de Normas e Padrões
	Título do Documento:	Poste Auto Aterrado - Especificação Técnica

Nota 2: O tamanho da amostra para os ensaios de carga de ruptura deve seguir as seguintes etapas:

- Etapa A: Ensaio destrutivo de ruptura no mínimo 01 postes a cada 200 postes produzidos de um mesmo tipo/mesmo código;
- Etapa B: Após 10 ensaios destrutivos sendo aprovados de forma consecutiva na Etapa A, entra-se em frequência atenuada de ensaios de ruptura de mínimo 01 postes a cada 2000 postes produzidos de um mesmo tipo/mesmo código, conforme NBR 5426;

Obs: Caso aconteça reprovação no ensaio de ruptura em qualquer etapa (A ou B), deve-se retornar para o início da Etapa A, reiniciando-se do zero a contagem de lotes consecutivos aprovados.

6.6.2 Ensaios de tipo/ensaios de validação de amostras

Todos os ensaios destrutivos e não destrutivos devem ser realizados em mínimo 3 amostras.

6.6.3 Ensaios complementares

Além dos ensaios previstos no item 8.1 devem ser realizados os seguintes ensaios:

- Resistividade elétrica da massa de concreto condutivo conforme anexo 2.
- Resistência à compressão de CP de concreto condutivo com 7, 14 e 28 dias de cura úmida. A resistência característica do concreto (fck) deve atender à classe de agressividade ambiental III.


6.6.4 Conformidade dos terminais de aterramento

O fabricante de poste auto aterrado deve apresentar o relatório de ensaios de habilitação do fornecedor de terminal de aterramento conforme abaixo.

- a) **Material:** Conector de aterramento Z em aço inox ou alumínio revestido de estanho para poste de rede de distribuição
- b) **Característica do inox:**
 - Certificado do material de fabricação = inox 316 L
 - Desenho com dimensões
- c) **Característica do alumínio revestido com estanho:**
 - Espessura do revestimento
 - Desenho com dimensões
- d) **Ensaio:**
 - Ensaio de nevoa salina a 5% NaCl por período de 360 horas conforme NBR 8094:1983, com verificação de perda de massa do conector Z (sem vergalhão) medidas antes e depois do ensaio (Efetuar limpeza do conector para pesagem final).

Nota: O ensaio de nevoa salina deve ser realizado com o conector Z fixado em pedaço de vergalhão Ø8mm com 20 a 30 cm de comprimento.

- Ensaio de resistência elétrica da conexão: Verificação da resistência elétrica da conexão conector-vergalhão antes e depois da nevoa salina com ohmímetro ou medida da tensão (V) e corrente elétrica (I).

 Público	Tipo de Documento:	Especificação Técnica
	Área de Aplicação:	Engenharia de Normas e Padrões
	Título do Documento:	Poste Auto Aterrado - Especificação Técnica

- Ensaio de torque com torquímetro: A porca de fixação de conector split bolt de rabicho ou parafuso de aço conectado na furação de 3/8" do conector de aterramento deve suportar um torque de aperto de 40 N.m.

6.7 Liberação para manuseio e transporte

O prazo para liberação do poste auto aterrado para manuseio e transporte deve atender as condições estabelecidas no item 5.9 da norma ABNT NBR 8451-1 para fck em função da classe de agressividade ambiental III, porém com tempo mínimo de 7 dias, mesmo com a utilização de cura por vapor.

6.8 Condição Elétrica

A liberação e consequente instalação do poste auto aterrado na rede de distribuição com prazos menores que 28 dias, quando a cura do concreto ainda não se realizou por completo, embora não seja a condição ideal do ponto de vista elétrico, em razão de possíveis fissuras que podem aparecer no concreto decorrentes deste processo, **pode ser aceita** em função dos seguintes fatores:

- A base de engastamento do poste que dissipará a corrente de descarga de um surto de tensão atmosférico é menos sujeita aos esforços de flexão.
- No concreto condutivo com alto adensamento característico da base do poste auto aterrado a ocorrência de vazios é minimizada e o fechamento dos poros é mais efetivo mesmo em processo de cura inferior a 28 dias.
- A baixa resistividade do concreto condutivo não é prejudicada.
- Caso ocorra, a corrente de descarga que passará pela ferragem do poste considerando a impedância de aterramento do poste acrescida da impedância de terra do solo, observada nos ensaios de AT realizados em laboratório, não provocará danos no poste.

7 CONTROLE DE REGISTROS

Não se aplica.

8 ANEXOS


8.1 Anexo 1 – Tensão Suportável de Impulso Atmosférico Ensaios de Tensão de Impulso Atmosférico em Modelo Reduzido de Poste Autoaterrado

O modelo reduzido de poste permite realizar o ensaio de impulso atmosférico em protótipo em escala menor e nas mesmas condições de solicitação elétrica, facilitando o transporte e uso do laboratório de alta tensão.

Como a solicitação elétrica é feita no concreto condutivo do poste auto aterrado o modelo reduzido deve ser construído somente com este tipo de concreto. O prazo de cura do concreto condutivo para efeito de ensaios de alta tensão deve ser de 28 dias.

A relação dimensional entre o modelo cheio e o modelo reduzido é de 1:1/6.

A tabela abaixo apresenta a correspondência entre o modelo cheio e o modelo reduzido para um poste 9m e 200 daN que servirá de referência para os testes em laboratório AT.

 Público	Tipo de Documento:	Especificação Técnica
	Área de Aplicação:	Engenharia de Normas e Padrões
	Título do Documento:	Poste Auto Aterrado - Especificação Técnica

	Comprimento (m)	Configuração	Armadura	Dimensões
Poste 9/200	9	Circular cônico	Conforme ABNT 8451	Conforme ABNT 8451
Modelo reduzido	1,5	Circular cônico	Conforme ABNT 8451 para poste de 9/200	Trecho de 1,5m da base do poste 9/200 conforme ABNT 8451.

Tabela 7 – Correspondência entre o modelo cheio e o modelo reduzido para um poste 9m e 200 daN

A figura abaixo mostra a configuração do modelo reduzido. O conector de aterramento deve ser fixado em um dos ferros da armadura.

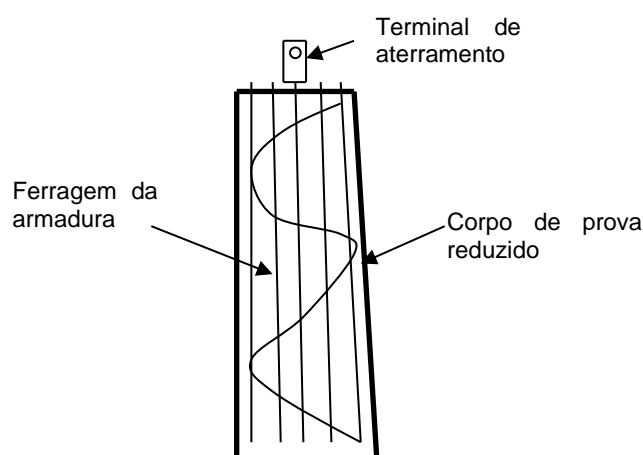


Figura 19 – Modelo reduzido

8.1.1 Procedimentos para Ensaio de Impulso Atmosférico

O ensaio no protótipo é realizado com a aplicação de impulsos de tensão atmosférica diretamente no conector de aterramento fixado em uma das barras de aço da armadura com o protótipo aterrado através de uma fita metálica envolvente no concreto, sendo a corrente passante para terra medida com um amperímetro.

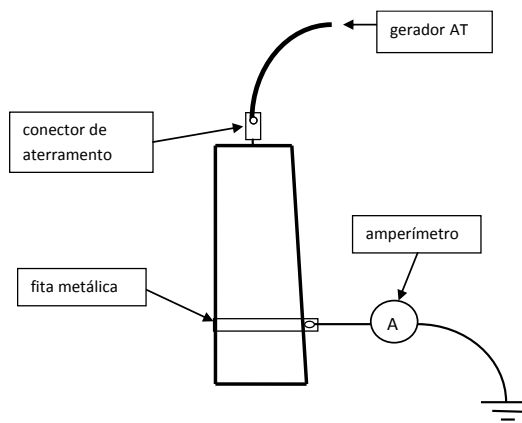



Figura 20 – Ensaio de impulso atmosférico

 Público	Tipo de Documento:	Especificação Técnica
	Área de Aplicação:	Engenharia de Normas e Padrões
	Título do Documento:	Poste Auto Aterrado - Especificação Técnica

Norma de ensaio: ABNT NBR IEC 60060-1 – Técnicas de ensaios elétricos de alta tensão - Definições gerais e requisitos de ensaio.

O ensaio deve ser realizado com a aplicação de 5 impulsos de tensão de mesma amplitude nas polaridades positiva e negativa. Devem ser aplicadas duas series, com tensão de 20 kV e 30 kV.

Notas:

- Devido à baixa impedância da carga a forma de onda de impulso atmosférico é obtida com pulsos de alta tensão, ou seja, impulsos atmosféricos cortados a frente com tempo de 0,2 ou 0,3 μ s.
- Os impulsos cortados na frente da onda, simulam a condição de uma sobre tensão atingir diretamente ou muito próxima dos terminais de um equipamento. Assim, o elevado nível de crescimento da tensão provoca uma disrupção no equipamento atingido. Estes impulsos possuem como características tempo de duração menor, mas elevada taxa de variação.

A tabela abaixo mostra os parâmetros do ensaio com onda 0,3/0,9 μ s (valores médios)

Tensão aplicada (kV)	Polaridade	Corrente (A)	Impedância Z (ohms)
20	positiva	1.050	17,75
20	negativa	1.000	19,00
30	positiva	1.975	16,20
30	negativa	1.980	16,85

Tabela 8 – Parâmetros do ensaio

8.2 Anexo 2 – Medição da Resistividade Elétrica do Concreto

A resistividade elétrica superficial do concreto pode ser medida de várias formas, sendo mais conhecido o método dos “quatro pontos”, similar ao método de *Wenner* originalmente empregado na determinação da resistividade elétrica dos solos e descrito na norma ASTM G57 - *Standard Method for Field Measurement of Soil Resistivity Using the Wenner Four-Electrode Method*.

Para a realização dos ensaios, devem ser moldados corpos-de-prova prismáticos 10x10x17cm conforme mostra a figura abaixo. Em cada CP são colocadas 4 hastes de aço medindo 8 cm x Ø4,2 ou 5mm enterradas com profundidade de 2 cm e espaçadas conforme desenho abaixo.

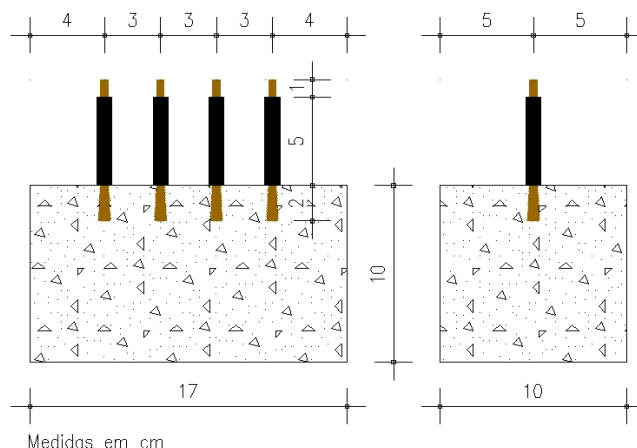



Figura 21 – Corpos de prova para resistividade do concreto

 Público	Tipo de Documento: Especificação Técnica
	Área de Aplicação: Engenharia de Normas e Padrões
	Título do Documento: Poste Auto aterrado - Especificação Técnica

Notas:

- Utilizar preferencialmente fôrmas de madeira ou de material isolante. Neste caso o ensaio poderá ser feito com o CP ainda na fôrma. Em fôrmas de metal o ensaio somente poderá ser feito com o CP retirado da fôrma.
- As pontas das hastes devem limpas e isentas de oxidação (de preferência lixar as pontas antes de colocá-las na massa).
- Pode ser utilizado também fio de cobre 4 ou 6mm² com as pontas amassadas para melhor aderência com a massa.
- Utilizar gabarito ou colocar presilha plástica na altura da haste que facilite a sua fixação na massa na profundidade correta.

O ensaio propriamente dito é realizado fazendo-se uso de aparelho terrômetro de 4 terminais sendo anotado o valor da resistência elétrica R em ohms conforme mostrado na figura a seguir.

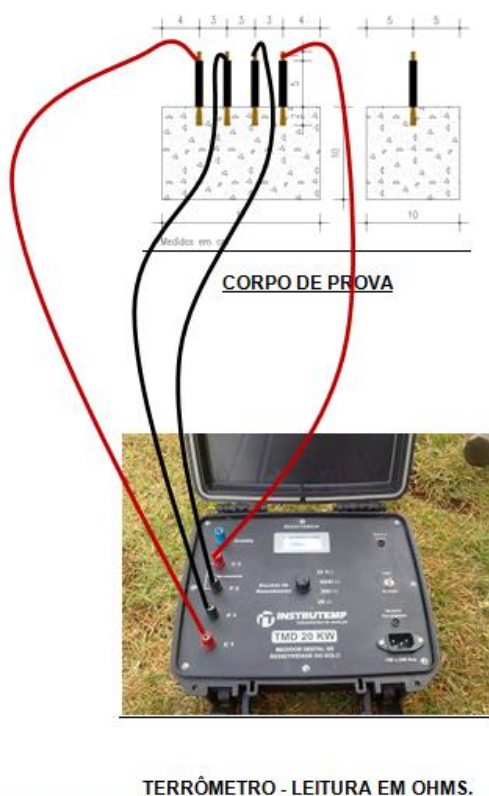



Figura 22 – Medida da resistência elétrica

Para efeito de inspeção a resistência elétrica “R” em ohms medida do corpo de prova com terrômetro de 4 terminais, considerando que a média das medições de 4 corpos de prova ou mais, deve atender os valores limites da tabela 6.

 Público	Tipo de Documento: Especificação Técnica
	Área de Aplicação: Engenharia de Normas e Padrões
	Título do Documento: Poste Auto Aterrado - Especificação Técnica

Tempo de cura (dias)	R(ohms) (máximo)
7	180
14	369
28	696

Tabela 9 – Valores limites de resistência elétrica do concreto condutivo

A resistência elétrica do CP de concreto condutivo deve ser medida com 7, 14 e 28 dias de cura seca.

Nota: Devido à grande variabilidade da resistividade do concreto em função da umidade, temperatura e adensamento do concreto, pode ser considerado aprovado o resultado (média) que apresente 2 valores menores ou iguais aos valores limites.

O valor da resistividade elétrica aparente é determinado através da seguinte fórmula:

$$\rho = \frac{4 \pi a R}{1 + \sqrt{a^2 + 4b^2} - \sqrt{a^2 + b^2}}$$

$$\rho = \frac{4\pi a R}{1 + \frac{2a}{\sqrt{a^2 + 4b^2}} - \frac{a}{\sqrt{a^2 + b^2}}}$$

Onde:

ρ = resistividade elétrica aparente calculada do concreto, em ohm.cm;

R = Resistência elétrica do concreto, medida em ohms;


a = distância de separação entre eixos dos eletrodos em cm;

b = profundidade de penetração dos eletrodos no corpo de prova, em cm.

9 REGISTRO DE REVISÃO

9.1 Colaboradores

Empresa	Colaborador
CPFL Paulista	Marcelo de Moraes
CPFL Piratininga	Antonio Carlos de Almeida Cannabrava
CPFL Santa Cruz	Marcio de Castro Mariano Silva
RGE	Fernanda Pedron

 Público	Tipo de Documento:	Especificação Técnica
	Área de Aplicação:	Engenharia de Normas e Padrões
	Título do Documento:	Poste Auto Aterrado - Especificação Técnica

9.2 Alterações

Versão anterior	Data da versão anterior	Alterações em relação à versão anterior
1.0	02/10/2015	<ul style="list-style-type: none"> - Revisão para inclusão da tabela 4 no item 5.2 com traço da base condutiva. - Inclusão de valores limite de resistividade da base condutiva para 7, 14 e 28 dias no anexo 2. - Inclusão de procedimento para medição da resistividade de corpos de prova no anexo 2. - Revisão dos critérios de testes de tensão suportável de impulso atmosférico com modelo reduzido conforme anexo 1. - Critérios para liberação de transporte e manuseio conforme item 9.
1.1	13/03/2017	<ul style="list-style-type: none"> - Revisão da tabela 6 - Valores limites de resistência elétrica do concreto condutivo - Revisão de texto do item 9.1 - Revisão de texto do Anexo 2
1.2	21/03/2017	<ul style="list-style-type: none"> - Adequação da marcação no Poste Auto Aterrado em baixo relevo. Não será aceito marcação com placa ou chapa. Observar item 6.6. - Definição dos tipos de PAA conforme item 8.
1.3	21/03/2017	<ul style="list-style-type: none"> - Adequação da tabela 3, item 5.2 - Redefinição dos tipos de PAA, item 8.
1.4	09/05/2017	<ul style="list-style-type: none"> - Unificação do Poste Auto Aterrado incluindo a RGE Sul nas Distribuidoras do Grupo CPFL Energia; - Eliminação da plaqueta para identificação do poste. Criação do desenho para marcação em baixo relevo no poste auto aterrado e no poste circular convencional conforme itens 6.6 e 6.7; - Definição final dos 15 tipos de PAA e alteração do poste de 12/1200 para 12/1500 conforme tabela no item 8; - Acertos na tabela 3. Ela apresenta uma referência da massa de concreto condutivo em função do volume da base para cada tipo de poste auto aterrado. Esse desmembramento da massa condutiva por tipo de PAA foi necessário para dirimir dúvidas.

1.5	10/07/2017	- Especificar tipo de rosca para a conexão de aterramento em aço inox ou alumínio conforme item 6.2. que deverá ser do tipo M10 com passo 1,5. Da mesma forma adotar para a conexão Split Bolt itens 6.3.1 e 6.3.2. o tipo de rosca do parafuso do tipo M10 com passo de 1,5 para compatibilizar com a conexão no PAA.
1.6	04/09/2018	- Substituição da figura 1 (conexão em aço inox) e figura 2 (conexão em alumínio) melhorando detalhe do desenho e padronizando que o tipo de rosca deve ser do tipo M10 com passo 1,5.
1.7	25/09/2018	- Acertar código SAP do poste de concreto 12/1500 acertando na tabela do item 8 para poste de 12/1200 código sap 50-000-032-851. No SAP esse código corresponde a poste de 12 metros de 1200 daN. Atualizar também a tabela do item 8 com as UNCs de PAA.
1.8	26/02/2019	- Acrescentar 5 opções de PAA para atender RGE, - Adequar/ajustar os critérios de ensaio de rotina/recebimento conforme item 9.1, ensaio de tipo/ ensaios de validação de amostras conforme item 9.2.
1.9	18/03/2019	Alteração do tempo mínimo de manuseio e transporte para 7 dias devido ao aparecimento de fissuras em vários postes com tempo menor que este.
1.10	18/05/2021	- Inserção da Nota no item 6.3.6. - Postes das obras executadas por terceiros ou loteamentos particulares, não deverá conter a logomarca com identificação da distribuidora. - A formatação foi atualizada conforme norma interna vigente.