
 Público	Tipo de Documento:	Especificação Técnica
	Área de Aplicação:	Engenharia de Normas e Padrões
	Título do Documento:	Transformadores de Distribuição para Postes -
	Manutenção	

Sumário

1.	OBJETIVO	2
2.	ÂMBITO DE APLICAÇÃO	2
3.	DEFINIÇÕES	2
4.	DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA.....	2
5.	RESPONSABILIDADES.....	3
6.	REGRAS BÁSICAS	3
6.1	Meio Ambiente	3
6.2	Condições Gerais.....	3
6.2.1	Características Elétricas	4
6.2.2	Potencias Nominais	4
6.2.3	Nível de Isolamento	4
6.3	Derivações e Relações de Tensões	5
6.3.1	Transformadores Trifásicos	5
6.3.2	Transformadores monofásicos	6
6.4	Perdas, Corrente de Excitação e Impedância de Curto-Circuito	8
6.4.1	Transformadores trifásicos	9
6.4.2	Transformadores Monofásicos:	11
6.5	Elevação de temperatura	12
6.6	Serviços a serem executados	12
6.7	Reforma total.....	13
6.7.1	Bobinas de Alta Tensão	13
6.7.2	Bobinas de Baixa Tensão	13
6.7.3	Materiais isolantes	13
6.7.4	Óleo isolante	14
6.7.5	Sistema de Comutação de Tensões.....	14
6.7.6	Juntas.....	14
6.7.7	Buchas e conectores	14
6.7.8	Placa de Identificação e etiqueta ENCE	15
6.7.9	Orelhas de suspensão	15
6.7.10	Suportes para Fixação em Postes	16
6.7.11	Dispositivo de aterramento.....	16
6.7.12	Ferragens	16
6.7.13	Tanque, Radiador, Tampa e Estrutura de Apoio	16
6.7.14	Suportes de Para-raios de Alta Tensão	16
6.7.15	Pintura	17
6.7.16	Marcação dos Terminais e do Número Patrimonial	17
6.7.17	Indicação do Nível do Óleo	18
6.7.18	Limpeza	18
6.8	Pequenos reparos	18
6.9	Ensaio de PCB	19
6.10	Embalagem	19
6.11	Transporte	19
6.12	Garantia.....	19
6.13	Inspeção e Recebimento	19

N.Documento:	Categoria:	Versão:	Aprovado por:	Data Publicação:	Página:
626	Instrução	2.17	JOSE CARLOS FINOTO BUENO	18/07/2022	1 de 34

 Público	Tipo de Documento:	Especificação Técnica
	Área de Aplicação:	Engenharia de Normas e Padrões
	Título do Documento:	Transformadores de Distribuição para Postes -
		Manutenção

6.13.1	Ensaio a Serem Realizados na Reforma Total	19
6.13.2	Ensaio a Serem Realizados após Pequenos Reparos	20
6.14	Descrição dos ensaios	20
6.14.1	Inspeções Visual e Dimensional	20
6.14.2	Relação de Transformação	20
6.14.3	Resistência de Isolamento	20
6.14.4	Tensão Aplicada ao Dielétrico.....	21
6.14.5	Tensão Induzida	21
6.14.6	Resistência Ôhmica dos Enrolamentos de AT e BT	21
6.14.7	Perdas em Vazio e em Carga	21
6.14.8	Testes no Óleo Isolante (Reforma total)	21
6.14.9	Verificação da Pintura do Tanque	21
6.14.10	Estanqueidade.....	22
6.15	Recebimento	22
6.16	Tensão de despacho.....	22
6.17	Avaliação de desempenho da Reformadora.....	22
6.18	Critério de amostragem.....	23
7.	CONTROLE DE REGISTROS	23
8.	ANEXOS.....	24
9.	REGISTRO DE ALTERAÇÕES.....	34

1. OBJETIVO

Esta especificação estabelece as exigências mínimas que devem ser atendidas na reforma de transformadores de distribuição, classe de tensão até 24,2kV, imersos em óleo mineral, com resfriamento natural para todas as distribuidoras do grupo CPFL Energia.

2. ÂMBITO DE APLICAÇÃO

2.1 Empresa

Distribuidoras do Grupo CPFL Energia.

2.2 Área

Empresas Reformadoras, Suprimentos, Gestão de Ativos, Engenharia e Prestadores de Serviços.

3. DEFINIÇÕES

Não se aplica.


4. DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA

Na aplicação desta especificação poderá ser necessário consultar as seguintes normas:

ABNT NBR 5356 - Transformadores de Potência - Generalidades;

ABNT NBR 5435 - Buchas para transformadores imersos em líquido isolante - Tensão nominal 15 kV, 24,2kV, 36,2kV – Especificações;

N.Documento:	Categoria:	Versão:	Aprovado por:	Data Publicação:	Página:
626	Instrução	2.17	JOSE CARLOS FINOTO BUENO	18/07/2022	2 de 34

 Público	Tipo de Documento:	Especificação Técnica
	Área de Aplicação:	Engenharia de Normas e Padrões
	Título do Documento:	Transformadores de Distribuição para Postes -
		Manutenção

ABNT NBR 16856 - Buchas para transformadores imersos em líquido isolante - Tensão nominal de 1,2 kV e correntes de 160 até 8000 A – Especificação;

ABNT NBR 5440 - Transformadores para Redes Aéreas de Distribuição – Requisitos;

ABNT NBR 6323 – Galvanização por imersão a quente de produtos de aço e ferro fundido - Especificação;

ABNT NBR 15422 - Óleo Vegetal Isolante para Equipamentos Elétricos;

Especificação Técnica CPFL 196 - Transformadores para Redes Aéreas de Distribuição;

Orientação Técnica CPFL 257 - Inspeção e Triagem de Transformadores de Distribuição;

Orientação Técnica CPFL 3576 - Instrução de Preenchimento Notas PM para Cálculo da TFT e IQT;

Orientação Técnica CPFL 12481 - Indicador Taxa de Falhas de RDs, SEs e LTs;

Norma Técnica CPFL 5656 - Diretrizes Ambientais para Empresas Contratadas

Catálogo MUNSELL SIS05-5900 – “Pictorial Surface Preparation Standard for Painting Steel Surfaces”.

Observação: salvo quando indicado em contrário, sempre deverão ser utilizadas as revisões mais recentes das normas citadas acima.

5. RESPONSABILIDADES

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

6. REGRAS BÁSICAS

6.1 Meio Ambiente

As atividades, projetos, serviços, orientações e procedimentos estabelecidos neste documento, deverão atender aos princípios, políticas e diretrizes de Meio Ambiente da CPFL, bem como atender a todos os requisitos de normas e procedimentos do Sistema de Gestão Ambiental.


Complementarmente, os casos específicos relativos a este documento estão detalhados no corpo do texto dele, incluindo-se as designações de órgãos externos responsáveis, quando aplicável.

6.2 Condições Gerais

A empresa reformadora deverá observar a legislação ambiental vigente no tocante a cuidados ambientais no manuseio de óleo isolante, possuir respectivas licenças ambientais, e observar procedimentos documentados relativos ao tratamento de resíduos decorrentes da atividade de reforma de transformadores imersos em óleo isolante.

A reformadora poderá receber transformadores que apresentem vazamentos de óleo. Tais vazamentos são controlados pela CPFL no armazenamento, através do uso de bacias ou bandejas contentoras. O transportador desses equipamentos até a reformadora também tomará, por contrato, os cuidados devidos para conter esse vazamento através de dispositivos presentes nos veículos de transporte. O reformador deverá, portanto, dar

N.Documento:	Categoria:	Versão:	Aprovado por:	Data Publicação:	Página:
626	Instrução	2.17	JOSE CARLOS FINOTO BUENO	18/07/2022	3 de 34

 Público	Tipo de Documento:	Especificação Técnica
	Área de Aplicação:	Engenharia de Normas e Padrões
	Título do Documento:	Transformadores de Distribuição para Postes - Manutenção

seqüência a esses cuidados ambientais observados pela CPFL de forma a não permitir o contato do óleo isolante com o meio ambiente.

Os transformadores deverão ser reformados de modo a atenderem as características e condições relacionadas a seguir.

6.2.1 Características Elétricas

- A Frequência nominal: 60Hz;
- B Polaridade subtrativa, para transformadores monofásicos;
- C Deslocamento angular: 30° (Dyn1) – transformadores trifásicos;
- D Tensão máxima de operação: 15 kV e 24,2 kV (eficazes).

6.2.2 Potencias Nominais

Os valores padronizados das potências nominais dos transformadores são os seguintes:


- Trifásicos: 15; 30; 45; 75; 112,5; 150; 225 e 300kVA;
- Monofásicos com uma bucha primária: 10; 15; 25 e 50kVA;
- Monofásicos com duas buchas primárias: 10; 15; 25 e 50kVA.

6.2.3 Nível de Isolamento

Os níveis de isolamento são os seguintes:

Classe de tensão	Enrolamento	Tensão Suportável à Frequência Industrial 1 min.	Tensão Suportável Nominal	
			Plena	Cortada
15 kV	Alta	34 kV eficaz	95 kV (Crista)	105 kV (Crista)
	Baixa	10 kV eficaz	-	-
24,2 kV	Alta	50 kV eficaz	125 kV (Crista)	138 kV (Crista)
	Baixa	10 kV eficaz	-	-

N.Documento:	Categoria:	Versão:	Aprovado por:	Data Publicação:	Página:
626	Instrução	2.17	JOSE CARLOS FINOTO BUE	NO18/07/2022	4 de 34

 CPFL ENERGIA <i>Público</i>	Tipo de Documento:	Especificação Técnica
	Área de Aplicação:	Engenharia de Normas e Padrões
	Título do Documento:	Transformadores de Distribuição para Postes - Manutenção

6.3 Derivações e Relações de Tensões

6.3.1 Transformadores Trifásicos

Devem ser reformados para terem as seguintes derivações:

a) Transformadores classe 15 kV:

Derivação	Primário		Secundário	
	Tensão (V)	Ligação	Tensão (V)*	Ligação
1	13.800	Triângulo	220/127	Estrela
2	13.200	Triângulo	220/127	Estrela
3	12.000	Triângulo	220/127	Estrela
4	11.400	Triângulo	220/127	Estrela
5	10.800	Triângulo	220/127	Estrela


* vide item 6.7.2

Para equipamentos da RGE:

Derivação	Primário		Secundário	
	Tensão (V)	Ligação	Tensão (V)	Ligação
1	13.800	Triângulo	380/220	Estrela
2	13.200	Triângulo	380/220	Estrela
3	12.600	Triângulo	380/220	Estrela

Para equipamentos da CPFL Santa Cruz e quando explicitamente indicado pela área de Suprimentos da CPFL:

Derivação	Primário		Secundário	
	Tensão (V)	Ligação	Tensão (V)	Ligação
1	12.000	Triângulo	220/127	Estrela
2	11.400	Triângulo	220/127	Estrela
3	10.800	Triângulo	220/127	Estrela
4	6.900	Triângulo	220/127	Estrela
5	6.600	Triângulo	220/127	Estrela
6	6.300	Triângulo	220/127	Estrela

 Público	Tipo de Documento:	Especificação Técnica
	Área de Aplicação:	Engenharia de Normas e Padrões
	Título do Documento:	Transformadores de Distribuição para Postes - Manutenção

b) Transformadores classe 24,2 kV:

Derivação	Primário		Secundário	
	Tensão (V)	Ligação	Tensão (V)	Ligação
1	23.100	Triângulo	220/127	Estrela
2	22.000	Triângulo	220/127	Estrela
3	20.900	Triângulo	220/127	Estrela

Para equipamentos da RGE:

Derivação	Primário		Secundário	
	Tensão (V)	Ligação	Tensão (V)	Ligação
1	23.100	Triângulo	380/220	Estrela
2	22.000	Triângulo	380/220	Estrela
3	20.900	Triângulo	380/220	Estrela

6.3.2 Transformadores monofásicos


Devem ser reformados para terem as seguintes derivações:

a) transformadores classe 15 kV com tensão secundária de 230/115V:

Padrão Tensão Primária	Potência (kVA)	Primário (V)
Fase-Fase	10	13800 /13200/12000/11400/10800
Fase-Terra	10	7967 / 7621/ 6928 / 6582 / 6235
Fase-Fase	15	13800 /13200/12000/11400/10800
Fase-Terra	15	7967 / 7621/ 6928 / 6582 / 6235
Fase-Fase	25	13800 /13200/12000/11400/10800
Fase-Terra	25	7967 / 7621/ 6928 / 6582 / 6235

Para equipamentos da CPFL Santa Cruz e quando explicitamente indicado pela área de Suprimentos da CPFL:

N.Documento:	Categoria:	Versão:	Aprovado por:	Data Publicação:	Página:
626	Instrução	2.17	JOSE CARLOS FINOTO BUENO	18/07/2022	6 de 34

 CPFL ENERGIA <i>Público</i>	Tipo de Documento: Especificação Técnica	
	Área de Aplicação: Engenharia de Normas e Padrões	
	Título do Documento: Transformadores de Distribuição para Postes -	
	Manutenção	

Padrão Tensão Primária	Potência (kVA)	Primário (V)
Fase-Fase	10-15-25	12000 /11400/10800/6900/6600/6300

Para equipamentos da RGE com tensão secundária de 220V:

Padrão Tensão Primária	Potência (kVA)	Primário (V)
Fase-Fase	10	13800 /13200/12600
Fase-Terra	10	7967 / 7621/ 7270
Fase-Fase	15	13800 /13200/12600
Fase-Terra	15	7967 / 7621/ 7270
Fase-Fase	25	13800 /13200/12600
Fase-Terra	25	7967 / 7621/ 7270


b) transformadores classe 24,2 kV com tensão secundária de 230/115V:

Padrão Tensão Primária	Potência (kVA)	Primário (V)
Fase-Fase	10	24200 / 23100 / 22000 / 13972 / 13337/ 12702
Fase-Fase	15	24200 / 23100 / 22000 / 13972 / 13337/ 12702
Fase-Fase	25	24200 / 23100 / 22000 / 13972 / 13337/ 12702
Fase-Fase	50	24200 / 23100 / 22000 / 13972 / 13337/ 12702

Para equipamentos da RGE com tensão secundária de 220V:

Padrão Tensão Primária	Potência (kVA)	Primário (kV)
Fase-Fase	10	23100 / 22000 / 20900
Fase-Fase	15	23100 / 22000 / 20900
Fase-Fase	25	23100 / 22000 / 20900
Fase-Terra	10	13337 / 12702 / 12067
Fase-Terra	15	13337 / 12702 / 12067
Fase-Terra	25	13337 / 12702 / 12067

N.Documento:	Categoria:	Versão:	Aprovado por:	Data Publicação:	Página:
626	Instrução	2.17	JOSE CARLOS FINOTO BUENO	18/07/2022	7 de 34

 Público	Tipo de Documento:	Especificação Técnica
	Área de Aplicação:	Engenharia de Normas e Padrões
	Título do Documento:	Transformadores de Distribuição para Postes - Manutenção

6.4 Perdas, Corrente de Excitação e Impedância de Curto-Circuito

Para transformadores que possuam a Etiqueta Nacional de Conservação de Energia – ENCE, fabricados ou reformados a partir de janeiro/2014, os dados originais de desempenho energético (perdas em vazio e em carga) estão disponíveis na ENCE.


De maneira a cumprir a Portaria Interministerial nº 104, de 22/03/2013, no caso de reforma total destes equipamentos, o contratado deverá reformar o equipamento de maneira a manter ou reduzir os valores indicados na ENCE, mantendo-se a potência do equipamento inalterada. Ao final do processo, e com base na regulamentação vigente, os dados da ENCE original deverão ser transcritos em nova **ENCE - transformador reformado**, de emissão do contratado. No caso de reforma parcial, ao final do processo de reforma, e com base na regulamentação vigente, os dados da ENCE original deverão ser transcritos em nova **ENCE - transformador revisado**, de emissão do contratado. Todo este processo está sujeito a avaliações de conformidade por parte do INMETRO.

Para transformadores que não possuem a Etiqueta Nacional de Conservação de Energia – ENCE, fabricados até dezembro/2013, a CPFL disponibilizará dados cadastrais dos transformadores a serem objeto de reforma. No caso de reforma total, usando sua experiência e capacitação técnica, o contratado deverá avaliar, sob sua conta e risco, a partir dos valores cadastrais e das características físicas do transformador, a probabilidade de reformar o equipamento de forma a apresentá-lo com características de acordo com os valores apresentados na tabela a seguir. A CPFL garante ao contratado o direito de não executar a manutenção caso entenda que os valores especificados não serão, em sua avaliação, alcançados. Neste caso, o equipamento objeto desta avaliação deverá ser devolvido à CPFL no estado em que foi recebido.

Uma vez executada a reforma, os transformadores que não apresentarem parâmetros técnicos indicados serão salvos explicita instrução em contrário por parte da CPFL, reprovados.

Observe-se que os transformadores para os quais não se dispõem desses valores cadastrados, ou os valores cadastrados correspondem exatamente aos valores aqui tabelados (ou correspondentes a versões anteriores da norma ABNT NBR 5440), deverão ser objeto de uma análise mais cuidadosa. Provavelmente os dados apresentados no cadastro não são confiáveis, e na falta dos dados corretos estes valores foram introduzidos para subsidiar o cálculo de indicadores de desempenho relativo a perdas técnicas. Esta situação é comum em transformadores que se encontravam instalados em redes e condomínios incorporados ou capitalizados. A probabilidade de um transformador que se enquadre nestas situações apresente perdas superiores aos dados tabelados é significativa.

N.Documento:	Categoria:	Versão:	Aprovado por:	Data Publicação:	Página:
626	Instrução	2.17	JOSE CARLOS FINOTO BUENO	NO18/07/2022	8 de 34

 Público	Tipo de Documento:	Especificação Técnica
	Área de Aplicação:	Engenharia de Normas e Padrões
	Título do Documento:	Transformadores de Distribuição para Postes - Manutenção

6.4.1 Transformadores trifásicos

a) Transformadores classe 15 kV óleo mineral

Potência	Corrente Excitação Máxima I_0 (%)	Perdas em Vazio P_0 (W)	Perdas Totais Máximas P_t (W)	Impedância de Curto-Circuito 75°C - Z (%)
15	4,8	100	440	3,5
30	4,1	170	740	
45	3,7	220	1000	
75	3,1	330	1470	
112,5	2,8	440	1990	
150	2,6	540	2450	
225	2,3	765	3465	4,5
300	2,2	950	4310	


Observação: os valores tabelados correspondem aos valores padronizados pela NBR 5440/1999

b) Transformadores classe 15 kV óleo vegetal

Potência	Corrente Excitação Máxima I_0 (%)	Perdas em Vazio P_0 (W)	Perdas Totais Máximas P_t (W)	Impedância de Curto-Circuito 75°C - Z (%)
15	4.0	85	410	3,5
30	3.6	150	695	
45	3.2	195	945	
75	2.7	295	1395	
112,5	2.5	390	1890	
150	2.3	485	2335	
225	2.1	650	3260	4,5
300	1.9	810	4060	

Observação: os valores tabelados correspondem aos valores padronizados pela NBR 5440/2015.

N.Documento:	Categoria:	Versão:	Aprovado por:	Data Publicação:	Página:
626	Instrução	2.17	JOSE CARLOS FINOTO BUE	NO18/07/2022	9 de 34

 Público	Tipo de Documento:	Especificação Técnica
	Área de Aplicação:	Engenharia de Normas e Padrões
	Título do Documento:	Transformadores de Distribuição para Postes - Manutenção

c) Transformadores classe 24,2 kV óleo mineral


Potência	Corrente Excitação Máxima I_0 (%)	Perdas em Vazio P_0 (W)	Perdas Totais Máximas P_t (W)	Impedância de Curto-Circuito 75°C – Z (%)
15	5,7	110	500	4,0
30	4,8	180	825	
45	4,3	250	1120	
75	3,6	360	1635	
112,5	3,2	490	2215	
150	3,0	610	2755	
225	2,7	820	3730	5,0
300	2,5	1020	4620	

Observação: os valores tabelados correspondem aos valores padronizados pela NBR 5440/1999

d) Transformadores classe 24,2 kV óleo vegetal

Potência	Corrente Excitação Máxima I_0 (%)	Perdas em Vazio P_0 (W)	Perdas Totais Máximas P_t (W)	Impedância de Curto-Circuito 75°C – Z (%)
15	4.8	95	470	4,0
30	4.2	160	790	
45	3.6	215	1055	
75	3.2	315	1550	
112,5	2.8	425	2085	
150	2.6	520	2610	
225	2.4	725	3605	5,0
300	2.1	850	4400	

Observação: os valores tabelados correspondem aos valores padronizados pela NBR 5440/2015

 Público	Tipo de Documento:	Especificação Técnica
	Área de Aplicação:	Engenharia de Normas e Padrões
	Título do Documento:	Transformadores de Distribuição para Postes -
	Manutenção	

6.4.2 Transformadores Monofásicos:

a) Transformadores classe 15 kV óleo mineral

Padrão Tensão Primária	Potência	Corrente Excitação Máxima I_0 (%)	Perdas em Vazio P_0 (W)	Perdas Totais Máximas P_t (W)	Impedância de Curto-Circuito 75°C - Z (%)
Fase-Fase	10	3,3	60	260	2,5
Fase-Terra	10	3,3	60	260	
Fase-Fase	15	3,0	85	355	
Fase-Terra	15	3,0	85	355	
Fase-Fase	25	2,7	120	520	
Fase-Terra	25	2,7	120	520	
Fase-Fase	50	2,2	190	830	
Fase-Terra	50	2,2	190	830	


Observação: os valores tabelados correspondem aos valores padronizados pela NBR 5440/1999

b) Transformadores classe 15 kV óleo vegetal

Padrão Tensão Primária	Potência	Corrente Excitação Máxima I_0 (%)	Perdas em Vazio P_0 (W)	Perdas Totais Máximas P_t (W)	Impedância de Curto-Circuito 75°C - Z (%)
Fase-Fase	10	2,7	50	245	2,5
Fase-Terra	10	2,7	50	245	
Fase-Fase	15	2,4	65	330	
Fase-Terra	15	2,4	65	330	
Fase-Fase	25	2,2	90	480	
Fase-Terra	25	2,2	90	480	
Fase-Fase	50	2,0	165	780	
Fase-Terra	50	2,0	165	780	

Observação: os valores tabelados correspondem aos valores padronizados pela NBR 5440/2015

N.Documento:	Categoria:	Versão:	Aprovado por:	Data Publicação:	Página:
626	Instrução	2.17	JOSE CARLOS FINOTO BUENO	18/07/2022	11 de 34

 CPFL ENERGIA <i>Público</i>	Tipo de Documento:	Especificação Técnica
	Área de Aplicação:	Engenharia de Normas e Padrões
	Título do Documento:	Transformadores de Distribuição para Postes -
		Manutenção

c) Transformadores classe 24,2 kV óleo mineral

Padrão Tensão Primária	Potência	Corrente Excitação Máxima I_0 (%)	Perdas em Vazio P_0 (W)	Perdas Totais Máximas P_t (W)	Impedância de Curto-Circuito 75°C - Z (%)
Fase-Terra	10	4,0	70	285	2,5
Fase-Terra	15	3,6	90	395	
Fase-Terra	25	3,1	130	580	
Fase-Terra	50	2,7	220	975	
Fase-Fase	10	4,0	70	285	
Fase-Fase	15	3,6	90	395	
Fase-Fase	25	3,1	130	580	
Fase-Fase	50	2,7	220	975	

Observação: os valores tabelados correspondem aos valores padronizados pela NBR 5440/1999

d) Transformadores classe 24,2 kV óleo vegetal

Padrão Tensão Primária	Potência	Corrente Excitação Máxima I_0 (%)	Perdas em Vazio P_0 (W)	Perdas Totais Máximas P_t (W)	Impedância de Curto-Circuito 75°C - Z (%)
Fase-Terra	10	3,8	40	155	2,5
Fase-Terra	15	3,3	75	365	
Fase-Terra	25	2,8	100	520	
Fase-Terra	50	2,6	190	925	
Fase-Fase	10	3,8	40	155	
Fase-Fase	15	3,3	75	365	
Fase-Fase	25	2,8	100	520	
Fase-Fase	50	2,6	190	925	

Observação: os valores tabelados correspondem aos valores padronizados pela NBR 5440/2015.


6.5 Elevação de temperatura

Os limites de elevação de temperatura acima do ambiente, nas condições previstas pela NBR 5356, devem ser as mesmas de seus projetos originais.

6.6 Serviços a serem executados

A Reformadora deverá cumprir integralmente a Lei 12.288/06 (Dispõe sobre a eliminação controlada dos PCBs e dos seus resíduos, a descontaminação e da eliminação de transformadores, capacitores e demais equipamentos elétricos que contenham PCBs, e dá

N.Documento:	Categoria:	Versão:	Aprovado por:	Data Publicação:	Página:
626	Instrução	2.17	JOSE CARLOS FINOTO BUE	NO18/07/2022	12 de 34

 Público	Tipo de Documento:	Especificação Técnica
	Área de Aplicação:	Engenharia de Normas e Padrões
	Título do Documento:	Transformadores de Distribuição para Postes -
		Manutenção

providências correlatas). Os procedimentos detalhados serão fornecidos pela Gerência de Meio Ambiente, estabelecidos em documentação específica.

A Reformadora deverá avaliar e determinar, através de observações e ensaios realizados no processo de triagem e determinação dos reparos a serem efetuados, o(s) defeito(s) de cada transformador, conforme descrito no ANEXO C.

Esta informação deve ser encaminhada à CPFL através da nota Z2 correspondente ao transformador, conforme indicado no ANEXO D, contendo:

- A indicação se o transformador está avariado ou queimado (TAVA ou TIQT);
- O(s) correspondente(s) defeito(s) verificado(s) no transformador.

Todos os materiais a serem empregados deverão ser comprovadamente compatíveis com o óleo isolante.

6.7 Reforma total

Nos transformadores em que as bobinas de AT e/ou BT estiverem comprometidas, estes deverão sofrer reforma total, conforme itens a seguir.

6.7.1 Bobinas de Alta Tensão

Para transformadores trifásicos, a avaria em uma única fase implica na reforma total de todas as fases dos enrolamentos de alta tensão.

Não se admite, em nenhuma hipótese, reaproveitamento de condutores, devendo a bobina ser confeccionada com condutor novo, no mesmo tipo de material original.

As bobinas devem ser construídas de tal forma a garantir boa resistência a esforços mecânicos de curto-circuito.

As derivações deverão ser conforme o item 6.3

6.7.2 Bobinas de Baixa Tensão

Podem ser reaproveitadas desde que não afetadas pelo problema ocorrido no transformador, porém, no caso de transformadores trifásicos, quando uma ou mais fases estiver (em) avariada (s) todas as três devem ser substituídas por outras novas, confeccionadas com condutor novo, no mesmo tipo de material original.

As bobinas reaproveitadas devem ser limpas e secas, evitando com isso possível contaminação do óleo isolante.


As bobinas (novas ou reaproveitadas) devem garantir boa resistência a esforços mecânicos de curto-circuito.

Para transformadores que originalmente tem no secundário a tensão 380/220/127V (ligação ZIG – ZAG), deve ser alterado para 380/220 V (ligação Estrela).

6.7.3 Materiais isolantes

Os materiais isolantes tais como, papelões, papéis, cadarços, espaguete, tubos de fenolite, etc., devem ser substituídos por outros novos. Para os enrolamentos de alta tensão, deverá ser utilizado papel Kraft neutro tipo “diamantado”.

N.Documento:	Categoria:	Versão:	Aprovado por:	Data Publicação:	Página:
626	Instrução	2.17	JOSE CARLOS FINOTO BUENO	18/07/2022	13 de 34

 Público	Tipo de Documento:	Especificação Técnica
	Área de Aplicação:	Engenharia de Normas e Padrões
	Título do Documento:	Transformadores de Distribuição para Postes -
	Manutenção	

6.7.4 Óleo isolante

O óleo isolante deve ser substituído outro, de mesma base (mineral ou vegetal) e no volume original do projeto do transformador, e atender o disposto nas normas ABNT NBR 5356 e ABNT NBR 15422, correspondentemente. No caso de óleo isolante de base mineral o óleo poderá ser novo ou regenerado, sendo que para óleo regenerado o valor máximo especificado para a característica "cor" é 1,5. No caso de óleo vegetal, este será novo, até que um processo de regeneração confiável esteja disponível no mercado.

A contratada deverá fornecer o laudo da análise físico-química, comprovando as características exigidas pela CPFL.

6.7.5 Sistema de Comutação de Tensões

O sistema de comutação pode ser mantido desde que seja do tipo rotativo e atenda todas as condições a seguir:

A - Permita comutação de tensões, conforme item 6.3;

B - Esteja em bom estado, não comprometendo os resultados dos ensaios do transformador, bem como seu perfeito funcionamento;

C - Possua indicador de posição, dispositivo para travamento em todas as posições e limitadores de curso para as posições extremas;

D - Possua comando interno, sendo este visível e acessível através da abertura de inspeção.

Caso estas condições não sejam atendidas, o sistema de comutação deverá ser substituído por outro que seja do tipo comando rotativo, com mudança simultânea nas fases no caso de transformadores trifásicos, para operação sem tensão, com comando interno visível e acessível, através da abertura para inspeção e deve permitir acomodação e contatos eficientes em todas as posições. Caso haja condições técnicas favoráveis, um comutador de acionamento externo poderá ser usado.

O acionamento do comutador deverá ser feito sem que o operador necessite entrar em contato com o óleo isolante, mesmo nas condições de temperatura máxima permitida. O sistema deverá permitir a comutação de tensões citadas no item 6.3.

Quando originalmente o equipamento possuir um comutador externo, e, por conseguinte não possuir uma abertura de inspeção, este comutador deve ser mantido inalterado, sendo apenas alvo de manutenção, caso aplicável.

6.7.6 Juntas

Todas as juntas devem ser substituídas por novas, que possuam as seguintes características:


A - Ser de elastômero resistente ao óleo isolante à temperatura compatível com a classe do material isolante do transformador, resistente à ação da umidade e dos raios solares;

B - As juntas utilizadas na vedação das tampas e da abertura para inspeção, devem ter dureza SHORE (65 ± 5).

6.7.7 Buchas e conectores

As buchas e/ou conectores, quando avariados, devem ser substituídos.

N.Documento:	Categoria:	Versão:	Aprovado por:	Data Publicação:	Página:
626	Instrução	2.17	JOSE CARLOS FINOTO BUENO	NO18/07/2022	14 de 34

 Público	Tipo de Documento:	Especificação Técnica
	Área de Aplicação:	Engenharia de Normas e Padrões
	Título do Documento:	Transformadores de Distribuição para Postes -
	Manutenção	

As buchas de AT e BT devem estar de acordo com as normas ABNT NBR 5440, 5435 e 16856 onde forem aplicáveis, porém fixadas conforme condição mais favorável (interno ou externo), sendo que o nível de isolamento da bucha deve ser o mesmo utilizado originalmente no equipamento.

As buchas secundárias de correntes nominais de 160 e 400A deverão ser de acordo com a figura A.1 ou A.2 da ABNT NBR 16856, e, caso ainda apresentem terminais diferentes das retro citadas, as buchas e terminais deverão ser substituídas independentemente de seu estado. Neste caso, a CPFL deverá ser consultada para definição do tipo de terminal a ser empregado nessa substituição.

Ainda, a CPFL poderá solicitar a alteração do tipo de terminal secundário, com consequências dimensionais nos suportes para fixação em poste, mesmo que já se apresentem em conformidade ao parágrafo anterior, por motivos de demandas de padronização da rede de distribuição.

Os transformadores trifásicos de 150kVA e acima com tensão secundária de 220/127V, caso ainda apresentem buchas secundárias com terminais diferentes do tipo T3 e independentemente do estado das buchas originais, estas deverão ser trocadas para buchas do tipo T3 - 800A (Spade). Para transformadores de tensão secundária 380/220V, este procedimento deverá ser adotado para transformadores de 225kVA e acima.

6.7.8 Placa de Identificação e etiqueta ENCE

A placa de identificação original deverá ser retirada e substituída por outra com as novas características, conforme Figura 3.

Esta placa deverá preencher os seguintes requisitos:

A - Ser em alumínio anodizado com espessura mínima de 0,8 mm ou aço inoxidável, com espessura mínima de 0,5 mm em suas cores naturais, no formato A6 (105 x 148 mm);

B - Inscrições e sinais gráficos em baixo relevo e na cor preta, com caracteres de 2 a 3 mm de altura;

C - Ser fixada, através de rebites de material resistente à corrosão no suporte de fixação.

Havendo mudança no tamanho da placa, o seu suporte deverá ser modificado, de forma a ser adequado à nova placa. Neste caso, a localização deste suporte deverá estar de acordo com a Figura 1.


A ENCE, quando aplicável, também deve ser emitida em conformidade com as portarias regulatórias - transformador reformado.

6.7.9 Orelhas de suspensão

Podem ser mantidas as já existentes, desde que tenham resistência, dimensões e formato adequados para permitir o içamento e a locomoção do transformador sem lhe causar danos. Este içamento é feito apenas com estropo.

Se houver necessidade de substituição ou confecção de novas orelhas de suspensão, estas devem ser em número de duas, conforme Figura 1. Devem ser soldadas na parede do tanque, projetando-se até a altura da tampa, de maneira que o cabo de aço utilizado na suspensão não atinja as bordas da tampa. Deve ter resistência, dimensões e formatos suficientes e adequados para permitir o içamento e a locomoção do transformador sem lhe

N.Documento:	Categoria:	Versão:	Aprovado por:	Data Publicação:	Página:
626	Instrução	2.17	JOSE CARLOS FINOTO BUENO	18/07/2022	15 de 34

 Público	Tipo de Documento:	Especificação Técnica
	Área de Aplicação:	Engenharia de Normas e Padrões
	Título do Documento:	Transformadores de Distribuição para Postes -
	Manutenção	

causar outros danos, inclusive na pintura e nas buchas. As bordas devem ser arredondadas para se evitar danos ao cabo de aço de suspensão.

6.7.10 Suportes para Fixação em Postes

Deverão ser substituídos quando não estiverem dentro da padronização, conforme Figura 2. No caso da substituição, a distância entre os suportes deverá, tanto quanto possível atender ao indicado na Figura 1.

6.7.11 Dispositivo de aterramento

Deverá ser alterado, somente se estiver em desacordo com a ABNT NBR 5440, quanto às suas características construtivas. O furo a ser feito no suporte para fixação em poste, o qual receberá o dispositivo, deve ser rosqueado e não receber pintura (vide Figura 4).

6.7.12 Ferragens

A - Na substituição das ferragens, quando necessário, o formato e as dimensões das utilizadas originalmente, devem, tanto quanto possível ser mantidas;

B - As ferragens devem receber tratamento superficial conforme a seguir:

B1 - materiais ferrosos: zincagem por imersão a quente conforme ABNT NBR 6323, recoberta por pintura;

B2 - materiais não ferrosos: devem ser estanhados.

Fixação e Suspensão da Parte Ativa

Pode ser mantido o sistema já existente. Caso tenha de ser confeccionado um novo sistema, este deve estar de acordo com a ABNT NBR 5440 e ainda possuir dois olhais localizados na parte superior da parte ativa, preferencialmente nas barras de aperto, construídos de maneira a não danificarem os componentes da parte ativa quando do seu levantamento.

6.7.13 Tanque, Radiador, Tampa e Estrutura de Apoio

Quando necessário, deverão ser submetidos a pequenos reparos tais como eliminação de rebarbas, de furos nas chapas, etc.


Quando necessária a substituição da tampa, esta deverá ser provida de tampa de inspeção quando o equipamento possuir comutador de derivações interno. Neste caso, a tampa de inspeção deverá ser conforme Figura 5 em anexo e ser de localizada sobre o acionamento do comutador.

Caso seja necessário substituir o tanque e radiadores este fato deve ser comunicado à CPFL para aprovação caso a caso.

6.7.14 Suportes de Para-raios de Alta Tensão

Quando não constantes do projeto original dos transformadores deverão ser instalados suportes para fixação de para-raios, projetados de maneira que permita o içamento do transformador com os para-raios montados, fixado ao transformador através de solda, conforme Figura E.1 da ABNT NBR 5440/2011.

N.Documento:	Categoria:	Versão:	Aprovado por:	Data Publicação:	Página:
626	Instrução	2.17	JOSE CARLOS FINOTO BUENO	18/07/2022	16 de 34

 Público	Tipo de Documento:	Especificação Técnica
	Área de Aplicação:	Engenharia de Normas e Padrões
	Título do Documento:	Transformadores de Distribuição para Postes - Manutenção

6.7.15 Pintura

A - Todas as superfícies de aço, internas e externas, devem ser limpas por aplicação de jato de areia ou processo equivalente, até o metal quase branco, conforme SIS 05-5900 e padrão visual igual ou superior a Sa 2 ½ ;

B - Pintura Interna

Como tinta de fundo deve ser aplicada base anti-ferruginosa que não afete e nem seja afetada pelo líquido isolante, com espessura seca mínima de 30µm;

C - Pintura Externa

Tinta de Fundo:

Devem ser aplicadas duas demãos de tinta base anti-ferruginosa, com espessura seca mínima de 40µm por demão;

Tinta de Acabamento:

Deve ser aplicada tinta compatível com a base utilizada, com espessura seca mínima de 40 µm por demão, nas cores indicadas abaixo:

- Cinza-claro, notação MUNSSELL N6.5, para os transformadores com óleo mineral;
- Verde (Referência Petrobras: Verde pastel 3582), notação Munsell 5G8/4, para transformadores com óleo vegetal.

A espessura mínima do esquema de pintura deve ser de 120µm.

6.7.16 Marcação dos Terminais e do Número Patrimonial

Os terminais externos devem ser marcados indelevelmente com tinta preta notação MUNSSELL N1, com altura dos caracteres, não inferior a 30 mm, conforme Figura 1.

O número patrimonial deverá ser pintado na parte da frente do transformador (lado oposto às buchas de baixa tensão) abaixo do radiador. Quando não houver espaço suficiente para executar a pintura nesta posição, a mesma deverá ser executada na lateral esquerda quando o transformador é visto pelo lado das buchas de baixa tensão, na posição vertical, sendo que no caso de transformadores trifásicos entre o terminal Xo e o radiador, ou, no caso de transformadores monofásicos entre o terminal X1 e o radiador.

Os números deverão ser na cor preta como citado anteriormente e nas dimensões de 60 mm de altura por 50 mm de largura e nas dimensões de 60 mm de altura por 50 mm de largura, seguido do número de fases e da potência do transformador, conforme exemplo a seguir:

Exemplo: **xxx.xxx-y-z**

Onde:


xxx.xxx = número patrimonial sequencial.

y = número de fases, 1 para monofásico e 3 para trifásico.

z = potência do transformador.

Ainda, para os transformadores que forem objeto de reforma total, estes deverão conter uma identificação circular de 60 mm de diâmetro, de cor branca, ao lado da identificação da potência do transformador.

N.Documento:	Categoria:	Versão:	Aprovado por:	Data Publicação:	Página:
626	Instrução	2.17	JOSE CARLOS FINOTO BUENO	18/07/2022	17 de 34

 Público	Tipo de Documento:	Especificação Técnica
	Área de Aplicação:	Engenharia de Normas e Padrões
	Título do Documento:	Transformadores de Distribuição para Postes -
	Manutenção	

Devido a alterações cadastrais dos transformadores em sistemas de gestão da CPFL, pode ser necessário que o número patrimonial a ser pintado no equipamento seja diferente daquele originalmente pintado. Assim sendo, antes de efetuar a pintura no equipamento, o número patrimonial originalmente pintado deve ser informado à CPFL, a qual confirmará ou não o número patrimonial a ser pintado no equipamento.

6.7.17 Indicação do Nível do Óleo

Os transformadores monofásicos e os trifásicos, devem ter uma linha indelével indicativa do nível do líquido isolante a 25°C, pintada em cor contrastante com a pintura interna, localizada na parte interna do tanque de maneira que seja bem visível através da abertura para inspeção.

6.7.18 Limpeza

Todos os componentes deverão passar por um processo de limpeza completa, de forma a ficarem isentos de substâncias ou corpos estranhos.


6.8 Pequenos reparos

Os transformadores que estiverem em condições de aproveitamento total da parte ativa (incluindo transformadores monofásicos com tensão secundária 240/120V com polaridade aditiva), avaliação esta, feita pelo técnico responsável antes do início dos trabalhos, receberão pequenos reparos conforme itens a seguir.

- Substituição do óleo isolante, conforme item 6.7.4, caso apresente baixa rigidez dielétrica e teor de água acima de 35 ppm para óleo mineral ou 300 ppm para óleo vegetal.
- Substituição das Juntas, conforme item 6.7.6
- Substituição das buchas danificadas e padronizar conetores, conforme item 6.7.7
- Substituição do Suporte de Fixação caso diferente de especificação, conforme item 6.7.10
- Reparos em Geral, conforme item 6.7.13;
- Pintura externa de acabamento, conforme item 6.7.15
- Marcação dos terminais e do indicador do nível de óleo conforme itens 6.7.15 e 6.7.16;
- Limpeza conforme item 6.7.18
- Verificação do estado do isolamento das bobinas: realização dos ensaios de resistência de isolamento, relação de transformação, tensão aplicada à 75% e tensão induzida à 75%.
- Reaperto dos contatos e ressolda dos pontos deficientes.
- Instalação de suportes de Para-raios de Alta Tensão, quando não constantes do projeto original dos transformadores, conforme item 6.7.14.
- A ENCE, quando aplicável, deve ser emitida em conformidade com as portarias regulatórias - transformador revisado.

Observação: caso verificado baixa isolação o transformador deverá permanecer em estufa para novo teste.

N.Documento:	Categoria:	Versão:	Aprovado por:	Data Publicação:	Página:
626	Instrução	2.17	JOSE CARLOS FINOTO BUENO	18/07/2022	18 de 34

 Público	Tipo de Documento:	Especificação Técnica
	Área de Aplicação:	Engenharia de Normas e Padrões
	Título do Documento:	Transformadores de Distribuição para Postes - Manutenção

6.9 Ensaio de PCB

Para todo transformador reformado, a Reformadora deverá cumprir integralmente a Lei 12.288/06. Os procedimentos detalhados serão fornecidos pela Gerência de Meio Ambiente, estabelecidos em documentação específica.

6.10 Embalagem

Após a execução dos ensaios, e uma vez aprovado, o equipamento deve receber embalagem que garanta a proteção mecânica do tanque, radiador e principalmente das buchas.

Todo e qualquer resíduo oriundo da embalagem ou do transporte dos equipamentos é de destino e responsabilidade do contratado.

6.11 Transporte

O transporte dos transformadores deverá ser feito de maneira segura, sendo estes, devidamente acomodados, evitando possíveis danos.

O transformador, em nenhuma hipótese, deverá ser movido pelas buchas.

6.12 Garantia

Os aspectos a seguir aplicam-se somente quando da reforma total.

A - A garantia dos serviços executados, bem como dos materiais utilizados pela Contratada será de 24 (meses), contados a partir da data da reforma;

B - A ocorrência de defeitos no transformador reformado, no período de garantia, deverá ser comunicada à Contratada, por escrito;

C - Caso a Contratada se recuse a executar ou corrigir defeitos ocorridos durante o período de garantia, a CPFL poderá fazer, refazer ou corrigir os serviços defeituosos por sua conta ou através de terceiros, debitando à Contratada todos os custos referentes aos mesmos;

D - Uma vez concluídos os reparos, o período de garantia será renovado integralmente.


No caso de reforma parcial, a garantia retro mencionada aplicar-se-á apenas às partes objeto da reforma.

6.13 Inspeção e Recebimento

6.13.1 Ensaios a Serem Realizados na Reforma Total

- Inspeção visual e dimensional
- Relação de transformação
- Polaridade (transformadores monofásicos)
- Deslocamento angular e sequência de fases (transformadores trifásicos)
- Resistência da isolação
- Tensão aplicada ao dielétrico
- Tensão induzida
- Resistência ôhmica dos enrolamentos de AT e BT.

N.Documento:	Categoria:	Versão:	Aprovado por:	Data Publicação:	Página:
626	Instrução	2.17	JOSE CARLOS FINOTO BUENO	18/07/2022	19 de 34

 Público	Tipo de Documento:	Especificação Técnica
	Área de Aplicação:	Engenharia de Normas e Padrões
	Título do Documento:	Transformadores de Distribuição para Postes -
	Manutenção	

- Perdas em vazio e corrente de excitação
- Perdas em carga e medição de impedância
- Testes no óleo isolante
- Estanqueidade
- Verificação da pintura do tanque
- Antes do início dos ensaios, será garantida ao inspetor da CPFL a possibilidade de abrir uma unidade de cada lote, a escolha deste, para realização de inspeção interna. Tal inspeção visa verificar a observância dos quesitos desta Especificação Técnica na realização dos serviços de reforma.

6.13.2 Ensaios a Serem Realizados após Pequenos Reparos

- Inspeção visual e dimensional
- Relação de transformação
- Resistência de isolamento
- Tensão aplicada ao dielétrico
- Tensão induzida
- Perdas em vazio e corrente de excitação
- Perdas em carga e medição de impedância
- Testes do óleo isolante (rigidez dielétrica e teor de água)
- Estanqueidade
- Verificação da pintura do tanque

Observação: estes ensaios devem ser realizados de acordo com o item 6.13, porém nos ensaios de tensão aplicada ao dielétrico e tensão induzida, deverá ser usado valor 75% do especificado.

6.14 Descrição dos ensaios

6.14.1 Inspeções Visual e Dimensional

As inspeções visual e dimensional serão realizadas em 100% do lote.

6.14.2 Relação de Transformação


Este ensaio deverá ser realizado de acordo com a ABNT NBR 5356.

Admite-se uma tolerância de 0,5 % do valor teórico.

6.14.3 Resistência de Isolamento

Este ensaio deverá ser realizado de acordo com a ABNT NBR 5356, a uma temperatura ambiente de 30°C e a resistência de isolamento mínima deverá ser de 2.000 MΩ em qualquer uma das medições.

N.Documento:	Categoria:	Versão:	Aprovado por:	Data Publicação:	Página:
626	Instrução	2.17	JOSE CARLOS FINOTO BUENO	18/07/2022	20 de 34

 Público	Tipo de Documento:	Especificação Técnica
	Área de Aplicação:	Engenharia de Normas e Padrões
	Título do Documento:	Transformadores de Distribuição para Postes -
	Manutenção	

6.14.4 Tensão Aplicada ao Dielétrico

Este ensaio deverá ser realizado de acordo com a ABNT NBR 5356.

6.14.5 Tensão Induzida

Este ensaio será realizado de acordo com a ABNT NBR 5356.

6.14.6 Resistência Ôhmica dos Enrolamentos de AT e BT

Este ensaio será realizado conforme a ABNT NBR 5356.

6.14.7 Perdas em Vazio e em Carga

Este ensaio deve ser realizado de acordo com a ABNT NBR 5356.

6.14.8 Testes no Óleo Isolante (Reforma total)

O inspetor deverá solicitar do fabricante o relatório de ensaio do óleo utilizado quando da reforma dos transformadores.

Os valores do relatório devem estar de acordo com as normas ABNT NBR 5356 e NBR 15422, correspondentemente à base do óleo, e serão os admitidos para o recebimento.

No recebimento serão retiradas até 03 (três) amostras para ensaios no óleo pós-contato, onde serão realizados os ensaios citados a seguir:


ENSAIOS	VALORES ADMISSÍVEIS	
	Óleo mineral	Óleo vegetal
Índice de neutralização	Max. 0,03 Mg KOH/g	Max. 0,06 Mg KOH/g
Tensão interfacial	Min. 0,04 N/m	Não aplicável
Fator de perdas dielétricas a 100° C	Max. 0,9 %	Max. 8 %
Rigidez dielétrica	Min. 30 kV	Min. 30 kV
Teor de água	Max. 35 ppm	Max. 300 ppm
Densidade	Óleo tipo B: Max. 0,86 Óleo tipo A: Min. 0,861; Máx. 0,9	Max. 0,92
Teor de PCB	Max. 50 ppm	Não detectado
Ponto de combustão	Não aplicável	Min. 300 °C

6.14.9 Verificação da Pintura do Tanque

Conforme o Anexo E da ABNT NBR 5440, devem ser realizados os seguintes ensaios:

- Aderência;
- Espessura da camada.

N.Documento:	Categoria:	Versão:	Aprovado por:	Data Publicação:	Página:
626	Instrução	2.17	JOSE CARLOS FINOTO BUENO	18/07/2022	21 de 34

 Público	Tipo de Documento:	Especificação Técnica
	Área de Aplicação:	Engenharia de Normas e Padrões
	Título do Documento:	Transformadores de Distribuição para Postes - Manutenção

6.14.10 Estanqueidade

Os transformadores deverão ser colocados por um período mínimo de 24 horas ao tempo, para detectar possíveis vazamentos, em posição horizontal apoiado nos suportes, ou com pressão positiva.

6.15 Recebimento

No recebimento, deverá ser seguido o critério de amostragem conforme Tabela 1, para a realização dos ensaios, com formação dos lotes por potência e classe de tensão primária.

O critério de amostragem será válido para todos os ensaios exceto para os ensaios de resistência de isolamento, tensão induzida e tensão aplicada, que deverão ser realizados em todas as unidades do lote.

Na ocasião do recebimento a Reformadora apresentará o relatório de ensaio de todas as unidades com os valores dos ensaios, e o inspetor irá escolher as amostras.

O relatório de ensaios deverá ser apresentado também no formato de planilha eletrônica Microsoft-Excel, em leiaute de informações como definido pela CPFL no ANEXO B. Nos ensaios de perdas, corrente de excitação e impedância, os valores deverão estar de acordo com o item 6.4, aos quais se aplicam as tolerâncias da norma ABNT NBR 5356.

6.16 Tensão de despacho


A derivação conectada por ocasião do despacho da reformadora deverá ser aquela correspondente ao tipo de transformador reparado, indicada em negrito no item 6.3.

6.17 Avaliação de desempenho da Reformadora

A CPFL usará de métodos estatísticos para complementar a avaliação do controle da qualidade da CONTRATADA, observando o desempenho dos equipamentos reformados no campo.

Caso julgado necessário, e a partir de indicadores oriundos dessa metodologia, em havendo elevada incidência de falhas decorrentes de sobrecargas e de descargas atmosféricas, a CPFL se reserva o direito de submeter equipamentos reformados, escolhidos aleatoriamente e sem prévio aviso, a ensaios de elevação de temperatura e de suportabilidade a tensão de impulso atmosférico.

N.Documento:	Categoria:	Versão:	Aprovado por:	Data Publicação:	Página:
626	Instrução	2.17	JOSE CARLOS FINOTO BUE	NO18/07/2022	22 de 34

 Público	Tipo de Documento:	Especificação Técnica
	Área de Aplicação:	Engenharia de Normas e Padrões
	Título do Documento:	Transformadores de Distribuição para Postes -
	Manutenção	

6.18 Critério de amostragem

Tabela 1 - Critério de Amostragem para Realização dos Ensaios

PLANO DE AMOSTRAGEM DUPLA-NORMAL – NÍVEL II NQA1			
Tamanho do Lote	Tamanho da Amostra	AC	RE
2 a 8	2	0	1
9 a 15	2	0	2
	2	1	2
16 a 25	3	0	2
	3	1	2
26 a 50	5	0	2
	5	1	2
51 a 90	8	0	2
	8	1	2
91 a 150	13	0	2
	13	1	2

Onde:

AC - Número máximo de reprovações nos ensaios para aceitação do lote.

RE - Número mínimo de reprovações nos ensaios para rejeição do lote.

7. CONTROLE DE REGISTROS

Não se aplica.

N.Documento:	Categoria:	Versão:	Aprovado por:	Data Publicação:	Página:
626	Instrução	2.17	JOSE CARLOS FINOTO BUENO	18/07/2022	23 de 34

8. ANEXOS

ANEXO A – Desenhos

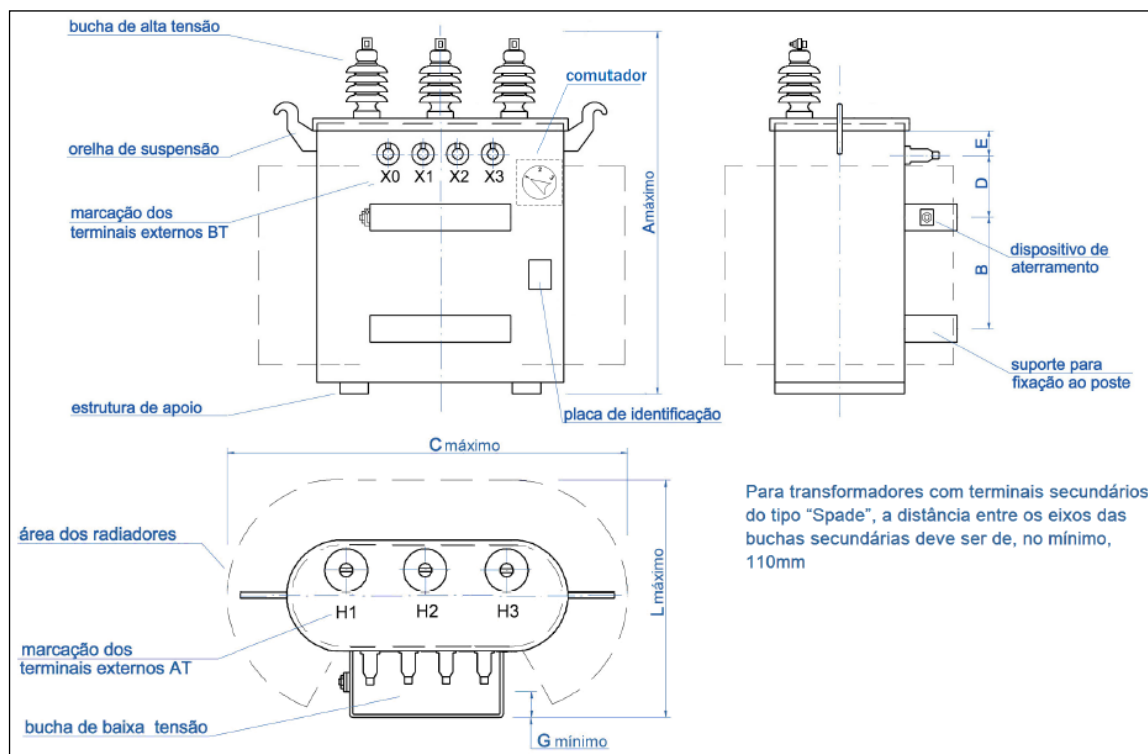



Figura 1 – Visão geral do transformador

Tensão máxima de operação (kV)	Potência kVA	Dimensões (mm)						
		A	C	L	G	D	B	E
15	15	Máx. 1300	Máx. 1300	Máx. 750	Mínimo 50	120 ± 6	200 ± 10	100 ± 5
	30							
	45							
	75							
	112,5		Máx. 1350	Máx. 950		150 ± 7,5	400 ± 20 ou 200 ± 10	
	150	Máx. 1800	Máx. 1650	Máx. 1150			400 ± 20	
	225							
24,2	300							
	15	Máx. 1600	Máx. 1400	Máx. 900	Mínimo 50	120 ± 6	200 ± 10	100 ± 5
	30							
	45							
	75							
	112,5		Máx. 1450	Máx. 950		150 ± 7,5	400 ± 20 ou 200 ± 10	
	150	Máx. 2000	Máx. 1700	Máx. 1200			400 ± 20	
	225							
	300							

Observação: Para transformadores monofásicos, observar figuras B.5 (fase-terra) ou B.7 (fase-fase) da ABNT NBR 5440.

 Público	Tipo de Documento:	Especificação Técnica
	Área de Aplicação:	Engenharia de Normas e Padrões
	Título do Documento:	Transformadores de Distribuição para Postes -
	Manutenção	

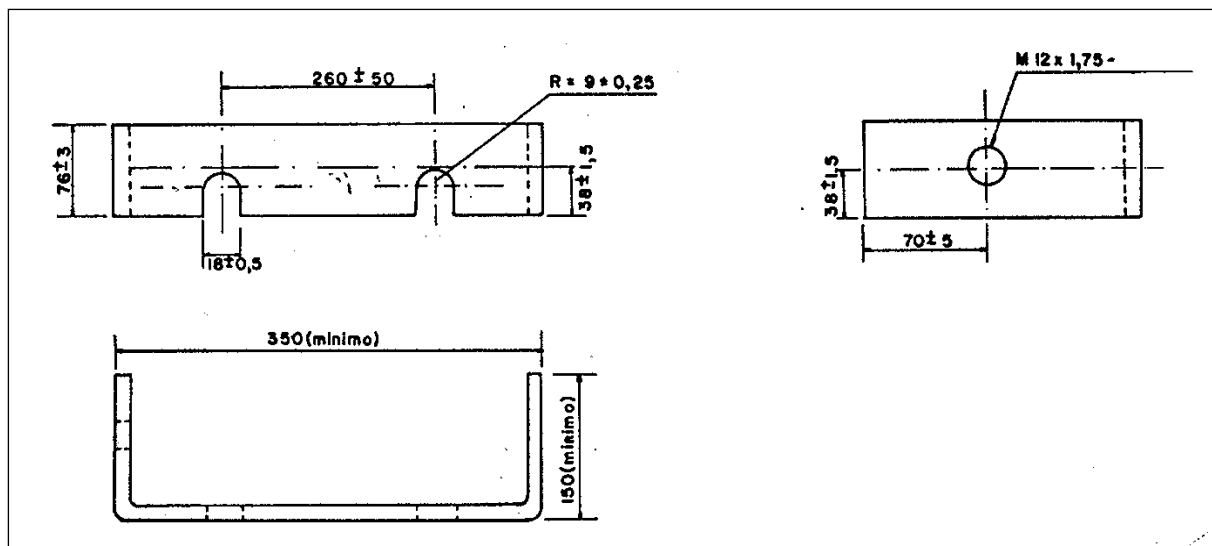


Figura 2 – Detalhe do suporte de fixação em postes

Observação: Para transformadores monofásicos, observar a figura B.9 da ABNT NBR 5440.

(e)

TRANSFORMADOR TRIFÁSICO REFORMADO

Fabr. (b) Data fabr. (c)

Nº (d) Data da Reforma (e)

kVA (p) Norma **NBR 5440**

Impedância (f) % Tipo óleo isolante (g)

ALTA TENSÃO				
V	Pos	Comutador	Liga	Lig
13.800	1	13-16	14-17	15-18
13.200	2	16-10	17-11	18-12
12.600	3	10-19	11-20	12-21
12.000	4	19-7	20-8	21-9
11.400	5	7-22	8-23	9-24
10.800	6	22-4	23-5	24-6
10.200	7	4-25	5-26	6-27


BAIXA TENSÃO	
V	Ligação
(h)	(i)

Volume (l) | Massa total (m) kg | PI Nº (n)

(o)

Figura 3 – Placa de Identificação do transformador

N.Documento:	Categoria:	Versão:	Aprovado por:	Data Publicação:	Página:
626	Instrução	2.17	JOSE CARLOS FINOTO BUENO	18/07/2022	25 de 34

 Público	Tipo de Documento:	Especificação Técnica
	Área de Aplicação:	Engenharia de Normas e Padrões
	Título do Documento:	Transformadores de Distribuição para Postes -
	Manutenção	

Legenda:

A - Nome e demais dados do reformador e local de reforma;

B - Nome do fabricante;

C - Mês (três primeiras letras) e ano de fabricação

D - Número de série de fabricação;

E - Mês (três primeiras letras) e ano de reforma;

F - Impedância curto-circuito percentual a 75° C;

G - Tipo do óleo isolante;

H - Tensão nominal de B.T.;

I - Tipo de ligação na B.T.;

J - Características do diagrama fasorial;

L - Volume total do líquido isolante do transformador em litros;

M - Massa total do transformador em kg;

N - Número da placa de identificação;

O - Espaço reservado para eventuais marcações: Caso o transformador já tenha sido reformado este espaço deverá ser usado para registrar o nome da(s) reformadora(s) e data da(s) respectiva(s) reforma(s), dados estes constantes da placa de identificação anterior;

P - Potência nominal do transformador em kVA.

Observação: Para transformadores monofásicos, adequar segundo figura B.12 da ABNT NBR 5440.

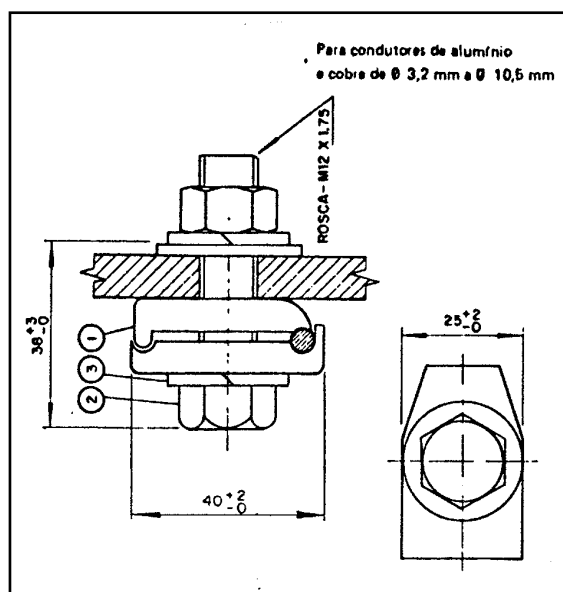


Figura 4 Detalhe do dispositivo de aterramento

N.Documento:	Categoria:	Versão:	Aprovado por:	Data Publicação:	Página:
626	Instrução	2.17	JOSE CARLOS FINOTO BUENO	18/07/2022	26 de 34

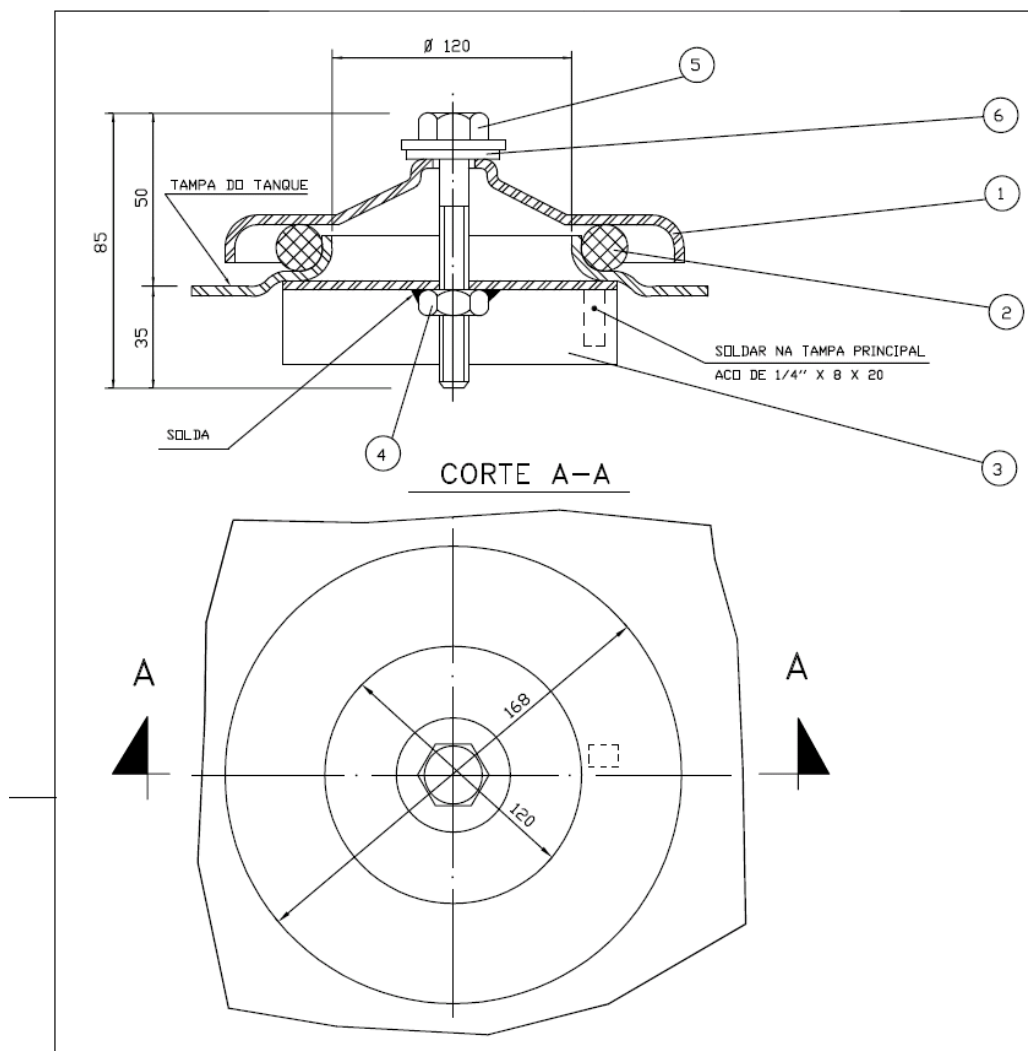


Figura 5 – Detalhes da tampa de inspeção


Legenda:

- 1- Tampa de inspeção
- 2- Anel de vedação
- 3- Trava perfil ou dobrado
- 4- Porca sextavada
- 5- Parafuso fixador T1 M12
- 6- Arruela

ANEXO B - Leiaute da planilha eletrônica para resultados de ensaios

Segue abaixo o nome das colunas de planilha Eletrônica – Microsoft Excel – para registro dos dados de ensaios, bem como a forma de preenchimento dos dados correspondentes:

N.Documento:	Categoria:	Versão:	Aprovado por:	Data Publicação:	Página:
626	Instrução	2.17	JOSE CARLOS FINOTO BUENO	18/07/2022	27 de 34

 Público	Tipo de Documento:	Especificação Técnica
	Área de Aplicação:	Engenharia de Normas e Padrões
	Título do Documento:	Transformadores de Distribuição para Postes -
	Manutenção	

Nome da Coluna	Forma de preenchimento
Empresa Reformadora	Nome da reformadora
Fabricante Original	Nome do fabricante original
Número CPFL (Tombamento)	
Número Série Fabricante Original	
Data da Reforma	Formato: DD/MM/AAAA
Data de Fabricação Original	Formato: DD/MM/AAAA
Potência (KVA)	
Número de Fases	“3” para trifásico ou “1” para monofásico
Peso (Kg)	
Derivações do Primário	Derivação de maior e menor tensão: Ex. 13,8 a 10,2 kV
Tensões do Secundário	Tensões entre fases e fase-neutro: Ex. 220/127 V
Perdas a Vazio (W)	
Perdas em carga A 75°C (W)	
Impedância (%)	
Corrente de Excitação (%)	
Tipo de Óleo Isolante	NAFTENICO ou PARAFINICO
Quantidade Óleo do Trafo (litros)	
Ligação do Trafo	Para transformadores trifásicos, preencher com a letra “A”, a qual corresponde na codificação interna à CPFL a ligação delta no primário, estrela no secundário. Para transformadores monofásicos, preencher com a letra “M”.


ANEXO C - Informações para determinação da causa de falha de transformadores de distribuição


A inspeção e avaliação realizada pela Reformadora tem a finalidade de diagnosticar:


- A confirmação se o transformador está avariado ou queimado;
- O(s) defeito(s) observado(s) no transformador ou a sua confirmação já levantada, quando da retirada do transformador da rede.

Todo transformador analisado que for constatado avaria ou queima, a Reformadora deve indicar o(s) defeito(s) observados de acordo com o formulário a seguir.

N.Documento:	Categoria:	Versão:	Aprovado por:	Data Publicação:	Página:
626	Instrução	2.17	JOSE CARLOS FINOTO BUENO	18/07/2022	28 de 34

 CPFL ENERGIA <i>Público</i>	Tipo de Documento: Especificação Técnica
	Área de Aplicação: Engenharia de Normas e Padrões
	Título do Documento: Transformadores de Distribuição para Postes - Manutenção

		FORMULÁRIO DA REFORMADORA DIAGNOSTICO DA FALHA DO TRANSFORMADOR	
NUMERO DA NOTA SAP:		DEPOSITO DE ORIGEM:	
NUMERO DO TOMBAMENTO:		NUMERO DE SÉRIE:	
ASSINALAR OS FATORES OBSERVADOS NA ABERTURA DO TRAFÓ:			
1- BUCHAS DE ALTA TENSÃO <input type="checkbox"/> Queima do esmalte cerâmico <input type="checkbox"/> Quebrada <input type="checkbox"/> Nada a Relatar			
2- TERMINAIS DE ALTA TENSÃO <input type="checkbox"/> Pontos de chamuscamento. <input type="checkbox"/> Nada a relatar			
3- CABOS DE ALTA TENSÃO <input type="checkbox"/> Pontos de queima na Isolação. <input type="checkbox"/> Nada a relatar			
4- BOBINAS DE ALTA TENSÃO <input type="checkbox"/> Pontos de queima da Isolação nas extremidades (Sem deformações mecânicas). <input type="checkbox"/> Isolação escura e quebradiça em todas as fases (Sem deformações mecânicas). <input type="checkbox"/> Isolação escura e quebradiça em 1 ou 2 fases. (Sem deformações mecânicas). <input type="checkbox"/> Existência de deformações mecânicas. <input type="checkbox"/> Pontos de queima da Isolação ao longo do enrolamento. <input type="checkbox"/> Nada a relatar.			
5- BOBINAS DE BAIXA TENSÃO <input type="checkbox"/> Isolação escura e quebradiça em todas as fases (Sem deformações mecânicas). <input type="checkbox"/> Isolação escura e quebradiça em 1 ou 2 fases (Sem deformações mecânicas). <input type="checkbox"/> Existência de deformações mecânicas. <input type="checkbox"/> Nada a relatar.			
6- NÚCLEO <input type="checkbox"/> Pontos de Fusão. <input type="checkbox"/> Acúmulo de borra. <input type="checkbox"/> Sinais de oxidação (ferrugem). <input type="checkbox"/> Nada a relatar.			
7- CULATRAS (VIGAS) <input type="checkbox"/> Pontos de chamuscamento. <input type="checkbox"/> Acúmulo de borra <input type="checkbox"/> Sinais de oxidação (ferrugem). <input type="checkbox"/> Nada a relatar.			
8- COMUTADOR (PAINEL) <input type="checkbox"/> Curto devido a formação de trilha (queima da Isolação). <input type="checkbox"/> Acúmulo de borra <input type="checkbox"/> Nada a relatar.			
9- TANQUE <input type="checkbox"/> Pontos de chamuscamento. <input type="checkbox"/> Impregnação de borra. <input type="checkbox"/> Furado. <input type="checkbox"/> Corroído. <input type="checkbox"/> Presença de água no fundo <input type="checkbox"/> Enferrujado. <input type="checkbox"/> Nada a relatar.			
10- APARÊNCIA DO ÓLEO <input type="checkbox"/> Aspecto azulado/acinzentado. <input type="checkbox"/> Presença de água. <input type="checkbox"/> Aspecto escuro sem presença de borra. <input type="checkbox"/> Aspecto escuro com presença de borra. <input type="checkbox"/> Nada a relatar.			
11- DESTINAÇÃO FINAL <input type="checkbox"/> Reforma total. <input type="checkbox"/> Reforma parcial (pequenos reparos). <input type="checkbox"/> Sucata/Alieação. <input type="checkbox"/> Garantia.			
12- MOTIVO DO SUCATEAMENTO <input type="checkbox"/> Perdas. <input type="checkbox"/> Dimensões (fora de padrão). <input type="checkbox"/> Características construtivas. <input type="checkbox"/> Tipo de chapa/corte 90°. <input type="checkbox"/> Núcleo danificado.			

 Público	Tipo de Documento:	Especificação Técnica
	Área de Aplicação:	Engenharia de Normas e Padrões
	Título do Documento:	Transformadores de Distribuição para Postes - Manutenção

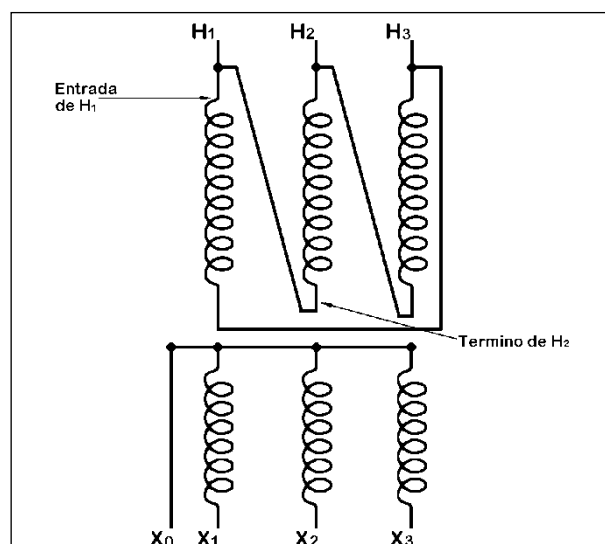
Todas as informações inseridas no Formulário devem ser transferidas para a nota Z2 do SAP PM correspondente ao transformador avaliado conforme indicado no ANEXO D.

Na avaliação do transformador, além da parte ativa (núcleo e bobinas), deverá ser inspecionado também o tanque, buchas, tampa, sistema de comutação de taps e características do óleo, pois esses componentes podem indicar sinais que facilitam diagnosticar o(s) defeito(s) ocorrido(s) no equipamento.

A seguir relacionamos as características pertinentes aos tipos de defeitos apresentados no Formulário, com o objetivo de facilitar o diagnóstico do transformador em avaliação.

a) Descarga Atmosférica

- Ruptura das primeiras espiras da bobina de entrada da A.T., assim como término da outra bobina no fechamento do Delta, conforme indicado na figura a seguir.




- Não apresenta deformação por esforço mecânico nas bobinas;
- Sinais de vazamento de tensão nas buchas de A.T. (queima do verniz);
- Chamuscamento nos terminais de A.T. ou até a fusão dos mesmos;
- Sinais de vazamento na tampa do tanque, principalmente nos parafusos de fixação da bucha, quando estes existirem;
- Sinais de vazamento no painel de comutação, queima do fenolite;
- Descargas de grande intensidade poderão ocasionar o rompimento de todos os condutores da primeira camada da bobina.

b) Curto-Circuito Interno

- Ruptura localizada de uma parte da bobina, ocasionada por baixa isolamento (isolantes ressecados, material inadequado, umidade, serviço e material de baixa qualidade).
- Não apresenta deformação por esforço mecânico nas bobinas.

N.Documento:	Categoria:	Versão:	Aprovado por:	Data Publicação:	Página:
626	Instrução	2.17	JOSE CARLOS FINOTO BUENO	18/07/2022	30 de 34

 Público	Tipo de Documento:	Especificação Técnica
	Área de Aplicação:	Engenharia de Normas e Padrões
	Título do Documento:	Transformadores de Distribuição para Postes -
	Manutenção	

Observação: quando a ruptura acontece internamente à bobina, a visualização fica dificultada.

c) Curto-Circuito Externo

- Apresenta deformação por esforço mecânico nas bobinas.
- Nos transformadores com enrolamento primário formado por várias panquecas, há uma tendência de expulsão das mesmas, aparentando sofrer maior esforço mecânico as panquecas de extremidade.
- Dependendo da intensidade do curto-circuito poderemos ter as características a seguir:
- Queima das bobinas de baixa tensão, tendendo a expulsão das mesmas;
- Fusão do núcleo de ferro, principalmente nas extremidades.

Observação: Como a origem do curto-circuito externo acontece no circuito secundário, observa-se que o esforço mecânico se dá nas bobinas de baixa tensão refletindo nas bobinas de alta tensão.

d) Sobrecarga

- Escurecimento das bobinas de alta tensão;
- Ressecamento dos materiais isolantes (papel, cadarço, espaguete, etc.);
- Presença de borra nas ferragens internas (núcleo, culatra, etc.);
- Rompimento das bobinas de A.T.;
- Óleo tem aspecto escuro;
- Não apresenta deformação por esforço mecânico nas bobinas.

e) Vazamento de Óleo

- Tanque apresenta manchas de óleo com acúmulo de poeira.

f) Infiltração de Água

- Marcas no sistema de comutação de taps ou parte ativa (manchas esbranquiçadas);
- Borra localizada sobre a parte ativa (núcleo e enrolamentos);
- Oxidação do ferro;
- Diminuição do nível de isolamento provocando curto-circuito interno.

Defeitos Internos

- Curto-circuito no sistema de comutação de taps e na parte inferior das buchas por baixo nível de óleo.
- Rompimento do condutor de descida das buchas até painel de tap's ou dos condutores de derivação de tap's (ligação de painel ou comutador até as derivações nas bobinas).

N.Documento:	Categoria:	Versão:	Aprovado por:	Data Publicação:	Página:
626	Instrução	2.17	JOSE CARLOS FINOTO BUENO	18/07/2022	31 de 34

Tipo de Documento:	Especificação Técnica
Área de Aplicação:	Engenharia de Normas e Padrões
Título do Documento:	Transformadores de Distribuição para Postes - Manutenção

ANEXO D - Resultado da triagem e dos defeitos encontrados nos transformadores de distribuição

A Reformadora após a realização da triagem e apuração dos defeitos que resultaram na avaria ou queima de cada transformador deverá registrar as informações através da nota Z2 correspondente ao transformador

A sequência a seguir mostra as informações necessárias que devem ser preenchidas pela Reformadora na nota Z2.

- a) Alteração da classificação do campo “Parte do Objeto” da nota de TAVA para TIQT após a constatação de que o transformador está queimado.

Modificar nota PM: Recurso Interno

Nota: 1206512 Z2 TRAFQ AVARIADO
Status: MEAB MSPN
Ordem:

Tabs: Nota | Dados Adicionais | **Item / Causa** | Avaria, parada | Dados de localização | Síntese de datas | Itens

Item

Parte objeto: A001 **TAVA** Transformador Avariado
Sintom.dano:
Texto: TR 569751-3-30 / SÉRIE 1239878 / E707
Cód.causa: A016 01 Contato Árvores na Rd. Sec. ou Ramal:
Texto da causa:

Efeito sobre a instalação

Local instal.afetado: D203696 PT Trafo Aéreo CPFL
Equipamento afetado:
Consequência:

Nota PM | Processar | Ir para | Suplementos | Ambiente(U) | Sistema | Ajuda

[Gravar] [Cancelar] [Imprimir] [Atualizar] [Filtros]

Modificar nota PM: Recurso interno

Clicar em Gravar

Nota: 1206512 Z2 TRAFQ AVARIADO
Status: MEAB MSPN
Ordem:

Tabs: Nota | Dados Adicionais | **Item / Causa** | Avaria, parada | Dados de localização | Síntese de datas | Itens | Medidas


Item

Parte objeto: A001 **TIQT** Transformador Queimado - IQT
Sintom.dano:
Texto: TR 569751-3-30 / SÉRIE 1239878 / E707
Cód.causa: A016 01 Contato Árvores na Rd. Sec. ou Ramal:
Texto da causa:

Efeito sobre a instalação

Local instal.afetado: D203696 PT Trafo Aéreo CPFL


Entrada 1 de 1

 Público	Tipo de Documento:	Especificação Técnica
	Área de Aplicação:	Engenharia de Normas e Padrões
	Título do Documento:	Transformadores de Distribuição para Postes - Manutenção

- b) Detalhe da inclusão do(s) defeito(s) observado(s) na nota correspondente ao transformador em sua parte física e ativa.

Nota: 1206512 Z2 TRAF0 AVARIADO - DEPÓSITO EXXX

Status: MEAB MSPN


Ordem: 

Exemplo:

1º Selecionar as informações anotadas no Formulário

Para o item 1

Parte objeto: A001 TIQT Transformador Queimad

Sintom.dano: 

Texto: TR 69751-3-30 KVA / N° SÉRIE 1239879

Causas do item

Nº	GrpCód.	Có	Txt.code causa
1	A016	01	Contato Aviores na Rd. Sec. ou Ramal
2	A016	03	Ligações Clandestinas no Circuito
3	A016	05	Curto Circuito (Rede Sec. Desnivelada)
4	A016	13	Tanque com Vazamento de Óleo
5	A016	16	Buchas Quebradas
6	A016	17	Falta de PRs
7	A016	19	Tanque sem interligação com neutro


2º Clicar em Transferir

Seleção múltipla de codes

- A025 Pendências no Posto Trafo
 - A026 Buchas de Alta Tensão
 - ☒ 01 Queima do esmalte cerâmico
 - ☐ 02 Quebrada
 - ☐ 03 Nada a Relatar
 - A027 Terminais de Alta Tensão
 - ☒ 01 Pontos de Chamuscamento
 - ☐ 02 Nada a Relatar
 - A028 Cabos de Alta Tensão
 - ☐ 01 Pontos de queima na isolação
 - ☐ 02 Nada a Relatar
 - A029 Bobinas de Alta Tensão
 - ☒ 01 Pontos queima isolação extremidades
 - ☐ 02 Isolação escura quebradiça todas fases
 - ☐ 03 Isolação escura quebradiça 1 ou 2 fases
 - ☒ 04 Existência de deformações mecânicas
 - ☐ 05 Pontos queima isolação longo do enrolam.
 - ☐ 06 Nada a Relatar
 - A030 Bobinas de Baixa Tensão
 - ☒ 02 Isolação escura quebradiça todas fases
 - ☐ 03 Isolação escura quebradiça 1 ou 2 fases
 - ☒ 04 Existência de deformações mecânicas
 - ☐ 06 Nada a Relatar

Transferir

Observação: Após o preenchimento das informações a Reformadora deve encaminhar as notas SAP PM dos transformadores classificados como queimados para as Gerencias de Gestão de Ativos responsável pela análise, conforme as Orientações Técnicas da CPFL 3576 e 12481.

 CPFL ENERGIA <i>Público</i>	Tipo de Documento:	Especificação Técnica
	Área de Aplicação:	Engenharia de Normas e Padrões
	Título do Documento:	Transformadores de Distribuição para Postes -
	Manutenção	

9. REGISTRO DE ALTERAÇÕES

9.1 Colaboradores

Empresa	Área	Nome
CPFL Paulista	REDN	Geraldo Passarini Junior

9.2 Alterações

Versão Anterior	Data da Versão Anterior	Alterações em relação à Versão Anterior
2.4	07/12/2004	Unificação de procedimentos para a CPFL Paulista, CPFL Piratininga, CPFL Santa Cruz e RGE.
2.5	17/09/2007	Inclusão das características das Empresas CPEE, CSPE, CJE e CLFM.
2.6	01/10/2007	Inclusão do item MEIO AMBIENTE; Eliminação das menções à NBR 5380; Alteração das tensões primárias dos transformadores monofásicos classe 25 kV da RGE; Alteração das perdas em carga e em vazio para os valores padronizados pela NBR 5440/1999; Inclusão da possibilidade de troca de terminais secundários de grampo para <i>Spade</i> ; Determinação que os limites de elevação de temperatura, após reforma total, devem ser as mesmas dos projetos originais.
2.8	21/11/2012	Alterações em função da revisão do GED 12481; Acertos na formatação.
2.10	16/09/2013	Acertos na formatação da tabela do item 8.3.8 no campo densidade
2.11	26/10/2013	Inclusão de procedimentos quanto à reforma de equipamentos originalmente etiquetados (ENCE); Inclusão da reforma de transformador verde; Revisão geral do texto em função da revisão do GED11850.
2.12	03/02/2014	Correção editorial do anexo 1 - Desenhos - inserção de quebra de página; Inclusão da instalação de suportes de para-raios, tanto para os serviços de pequenos reparos quanto para serviços de reforma total.
2.13	07/02/2014	Item 6 e Anexos 3 e 4 - Alterações em detrimento da revisão dos GEDs 3576 e 12481; Acertos na formatação.
2.14	22/11/2016	Item 5.5.1 – Inserção da tabela com os itens: Perdas, corrente de excitação e impedância de curto-circuito para transformadores trifásicos de 15kV óleo vegetal; Item 5.5.2 – Inserção da tabela com os itens: Perdas, corrente de excitação e impedância de curto-circuito para transformadores monofásicos de 15kV óleo vegetal.
2.15	19/12/2016	Inclusão da orientação quanto ao teor de PCB de transformadores (Lei 12.288/06).
2.16	29/12/2017	Exclusão de menções às NBRs 5437 e 5438 canceladas e substituídas pela NBR 16856; Atualização na formatação do documento conforme norma vigente.

N.Documento:	Categoria:	Versão:	Aprovado por:	Data Publicação:	Página:
626	Instrução	2.17	JOSE CARLOS FINOTO BUENO	18/07/2022	34 de 34