

*Transformador de distribuição tipo
aéreo especiais para redes de
distribuição de 15,0 kV*

ESA | DENG | NRM-372 | 2023

Especificação Técnica Unificada
ETU - 109.6

Versão 2.1 - Maio / 2025



Apresentação

Nesta Especificação Técnica são apresentadas as diretrizes necessárias para padronizar as características e requisitos mínimos mecânicos e elétricos exigidos para o fornecimento de transformadores de distribuição (TD), tipo aéreo especial (AEE), monofásicos (1F) e trifásicos (3F), com enrolamento de cobre ou alumínio, imersos em líquido isolante com resfriamento natural, nas tensões primárias até 13,8 kV e nas tensões secundárias usuais dos transformadores, aplicáveis em linhas e redes aéreas de distribuição (RDA), na concessionária Energisa Sul-Sudeste (ESS).

Para isso, foram consideradas as especificações e padrões de materiais em referência, definidos nas Normas Brasileiras (NBR) da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), ou em outras normas internacionais reconhecidas, acrescidos das modificações baseadas nos resultados de desempenho desses materiais nas empresas do grupo Energisa.

Cópias ou impressões parciais ou totais deste documento não são controladas.

A presente revisão desta Especificação Técnica é a versão 2.1, datada de maio de 2025.

Cataguases - MG., Maio de 2025.

GTD - Gerência Técnica de Distribuição

Esta Especificação Técnica, bem como as alterações, poderá ser acessada através do código abaixo:





Equipe técnica de revisão da ETU-109.6 (versão 2.1)

Ricardo Campos Rios

Grupo Energisa

Ricardo Machado de Moraes

Grupo Energisa

Gilberto Teixeira Carrera

Grupo Energisa

Tercius Cassius Melo de Moraes

Grupo Energisa



Aprovação técnica

Ademário de Assis Cordeiro

Grupo Energisa

Fernando Espíndula Corradi

Energisa Rondônia (ERO)

Alberto Alves Cunha

Energisa Tocantins (ETO)

Guilherme Damiance Souza

Energisa Sul-Sudeste (ESS)

Antônio Maurício de Matos Gonçalves

Energisa Acre (EAC)

Ricardo Langone Marques

Dir. Suprimentos Logística

Erika Ferrari Cunha

Energisa Sergipe (ESE)

Rodolfo Acialdi Pinheiro

Energisa Minas-Rio (EMR)

Fabio Lancelotti

Energisa Paraíba (EPB)

Rodrigo Brandão Fraiha

Energisa Mato Grosso do Sul (EMS)

Fabício Sampaio Medeiros

Energisa Mato Grosso (EMT)

Sumário

1	OBJETIVO	12
2	CAMPO DE APLICAÇÃO	12
3	OBRIGAÇÕES E COMPETÊNCIAS	12
4	REFERÊNCIAS NORMATIVAS	12
4.1	LEGISLAÇÃO E REGULAMENTAÇÃO FEDERAL	13
4.2	NORMA TÉCNICA BRASILEIRA	16
4.3	NORMA TÉCNICA INTERNACIONAL	20
4.4	NORMAS TÉCNICAS DO GRUPO ENERGISA	27
5	TERMINOLOGIA E DEFINIÇÕES.....	29
5.1	TRANSFORMADOR	29
5.1.1	Transformador de distribuição (TD)	29
5.1.2	Transformador em líquido isolante	29
5.1.3	Transformador monofásico	30
5.1.4	Transformador trifásico	30
5.2	BUCHA	30
5.3	COMUTADOR DE DERIVAÇÃO	30
5.4	DERIVAÇÃO	30
5.4.1	Derivação inferior	30
5.4.2	Derivação principal	31
5.4.3	Derivação superior	31
5.5	DEGRAU DE DERIVAÇÃO.....	31
5.6	DESLOCAMENTO ANGULAR	31
5.7	DISPOSITIVO DE ALÍVIO DE PRESSÃO (DAP)	31
5.8	ENROLAMENTO	32
5.8.1	Enrolamento primário	32
5.8.2	Enrolamento secundário	32
5.8.3	Enrolamento série.....	32
5.9	LIGAÇÃO DELTA	32
5.10	LIGAÇÃO ESTRELA	32
5.11	NÍVEL DE ISOLAMENTO.....	32
5.12	NÚCLEO.....	33
5.12.1	Núcleo envolvente	33
5.12.2	Núcleo envolvido	33
5.13	ÓLEO MINERAL ISOLANTE (OMI)	33
5.14	ÓLEO VEGETAL ISOLANTE (OVI)	33
5.15	PARTE ATIVA	33
5.16	PERDAS EM VAZIO	33
5.17	PERDAS TOTAIS	33
5.18	POLARIDADE SUBTRATIVA (ADITIVA)	34
5.19	RADIADOR.....	34

5.20	REDES E LINHAS DE DISTRIBUIÇÃO.....	34
5.21	TERMINAL DE LIGAÇÃO	34
5.22	ENSAIOS DE RECEBIMENTO	34
5.23	ENSAIOS DE TIPO	34
5.24	ENSAIOS ESPECIAIS	35
6	HOMOLOGAÇÃO DE FORNECEDORES.....	35
7	CONDIÇÕES GERAIS	35
7.1	CONDIÇÕES DO SERVIÇO	36
7.2	LINGUAGENS E UNIDADES DE MEDIDA.....	37
7.3	ACONDICIONAMENTO	37
7.4	TRANSPORTE	39
7.5	MEIO AMBIENTE	40
7.6	EXPECTATIVA DE VIDA ÚTIL	42
7.7	GARANTIA.....	42
7.8	ETIQUETAS AUTOADESIVAS	43
7.8.1	Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (ENCE).....	43
7.8.2	Identificação de Isento de PCB.....	43
7.9	NUMERAÇÃO DE PATRIMÔNIO	43
7.10	INCORPORAÇÃO AO PATRIMÔNIO DA ENERGISA	44
7.11	MANUAL DE INSTRUÇÕES	44
7.12	AValiação TÉCNICA DO MATERIAL.....	44
8	CARACTERÍSTICAS ELÉTRICAS.....	46
8.1	CONDIÇÕES DE CARREGAMENTO	47
8.2	POTÊNCIA NOMINAL (S)	47
8.3	TENSÃO NOMINAL (U_R)	47
8.4	NÍVEL DE ISOLAMENTO NOMINAL (U_D).....	48
8.5	DERIVAÇÕES (TAPS) E TENSÕES NOMINAIS.....	48
8.6	FREQUÊNCIA NOMINAL (F_R)	48
8.7	ELEVAÇÃO DE TEMPERATURA	48
8.8	PERDAS, CORRENTES DE EXCITAÇÃO E TENSÃO DE CURTO-CIRCUITO	49
8.9	DIAGRAMAS FASORIAIS E POLARIDADE DOS TRANSFORMADORES	49
8.10	DIAGRAMAS DE LIGAÇÕES DOS TRANSFORMADORES	50
8.11	TENSÃO DE RÁDIO-INTERFERÊNCIA (TRI)	51
8.12	CAPACIDADE DE RESISTIR A CURTOS-CIRCUITOS	51
8.13	NÍVEL DE RUÍDO	51
9	CARACTERÍSTICAS CONSTRUTIVAS	51
9.1	MATERIAIS ISOLANTES	52
9.2	RESFRIAMENTO	53
9.3	ESTRUTURA DO TRANSFORMADOR.....	53
9.3.1	Tanque do transformador e respectiva tampa.....	53
9.3.2	Radiadores	54
9.3.3	Alças de suspensão ou orelhas de suspensão.....	54
9.3.4	Suporte para fixação no poste	54

9.3.5	Sistema de fixação da tampa.....	55
9.3.6	Fixação e suspensão da parte ativa	55
9.3.7	Estrutura de apoio	56
9.3.8	Suporte para fixação de para-raios.....	56
9.3.9	Soldas	57
9.4	BUCHAS ISOLANTES E TERMINAIS DE LIGAÇÃO	57
9.4.1	Buchas primárias	58
9.4.2	Buchas secundárias	59
9.5	DISPOSITIVO DE ATERRAMENTO	59
9.6	JUNTAS DE VEDAÇÃO	60
9.7	PLACA DE IDENTIFICAÇÃO.....	61
9.8	DISPOSITIVO DE ALÍVIO DE PRESSÃO (DAP)	63
9.9	FIXAÇÕES EXTERNAS (FERRAGENS).....	64
9.10	MASSA DO TRANSFORMADOR.....	65
10	PARTE ATIVA	65
10.1	NÚCLEO.....	65
10.2	ENROLAMENTO	66
10.3	SISTEMA DE COMUTAÇÃO SEM TENSÃO (CST)	67
11	PINTURA E MARCAÇÕES	69
11.1	CONDIÇÕES GERAIS.....	69
11.2	ACABAMENTO INTERNO	69
11.3	ACABAMENTO EXTERNO	70
11.4	MARCAÇÕES E SIMBOLOGIA DO TRANSFORMADOR	71
11.4.1	Tampa do tanque	71
11.4.2	Fundo do tanque	72
11.4.3	Parte frontal do tanque dos transformadores	72
11.4.4	Parte traseira e/ou lateral do tanque dos transformadores.....	72
11.4.5	Simbologia	73
12	INSPEÇÃO E ENSAIOS.....	73
12.1	GENERALIDADES.....	73
12.2	RELAÇÃO DE ENSAIOS.....	77
12.2.1	Ensaio de tipo (T)	77
12.2.2	Ensaio de recebimento (RE)	79
12.2.3	Ensaio especiais (E)	80
12.3	DESCRIÇÃO DOS ENSAIOS	82
12.3.1	Inspeção geral	82
12.3.2	Verificação dimensional.....	82
12.3.3	Ensaio de resistência dos enrolamentos	83
12.3.4	Ensaio de resistência de isolamento	84
12.3.5	Ensaio de relação de transformação	84
12.3.6	Ensaio de polaridade	84
12.3.7	Ensaio de deslocamento angular e sequência de fases	84
12.3.8	Ensaio de impedância de curto-circuito	85

12.3.9	Ensaio de perdas	85
12.3.9.1	Em carga.....	85
12.3.9.2	Em vazio	85
12.3.10	Ensaio de corrente de excitação	85
12.3.11	Ensaio de tensão suportável à frequência industrial	86
12.3.12	Ensaio de tensão induzida de curta duração	86
12.3.13	Ensaio de impulso atmosférico	86
12.3.14	Ensaio de tensão de rádio interferência (TRI).....	86
12.3.15	Ensaio de elevação de temperatura	86
12.3.16	Ensaio de nível de ruído	87
12.3.17	Ensaio de verificação da resistência mecânica do (s) suporte (s) para fixação do transformador	87
12.3.18	Ensaio para verificação da pintura do tanque	87
12.3.18.1	Ensaio de aderência	87
12.3.18.2	Ensaio de brilho	88
12.3.18.3	Ensaio de espessura	88
12.3.18.4	Ensaio de impermeabilidade	88
12.3.18.5	Ensaio de névoa salina	88
12.3.18.6	Ensaio de resistência ao líquido isolante	89
12.3.18.7	Ensaio de resistência atmosférica úmida saturada na presença de SO ₂ ..	89
12.3.18.8	Ensaio de umidade	89
12.3.19	Ensaio físico-químico do líquido isolante	89
12.3.19.1	Ensaio de aspecto visual	89
12.3.19.2	Ensaio de fator de perdas dielétricas ou fator de dissipação	90
12.3.19.3	Ensaio de índice de neutralização (IAT)	90
12.3.19.4	Ensaio de rigidez dielétrica por eletrodo de disco.....	90
12.3.19.5	Ensaio de teor de água.....	91
12.3.19.6	Ensaio de teor de bifenilas policloradas (PCB)	91
12.3.19.7	Ensaio de tensão interfacial.....	91
12.3.19.8	Ensaio de ponto de combustão	92
12.3.20	Ensaio do comutador sem tensão (CST)	92
12.3.20.1	Ensaio de elevação de temperatura dos contatos	92
12.3.20.2	Ensaio de corrente de curto-circuito	92
12.3.20.3	Ensaio mecânicos	93
12.3.20.4	Ensaio de tensão suportável à frequência industrial	93
12.3.20.5	Ensaio de impulso atmosférico	93
12.3.20.6	Ensaio de intemperismo artificial	93
12.3.20.7	Ensaio de determinação das propriedades de impacto Charpy	94
12.3.20.8	Ensaio mecânicos de recebimento	94
12.3.20.9	Ensaio de sequência de operações	94
12.3.21	Ensaio do dispositivo de alívio de pressão (DAP)	94
12.3.21.1	Ensaio de resistência ao vácuo	95
12.3.21.2	Ensaio de fechamento do dispositivo de alívio de pressão	95
12.3.21.3	Ensaio de verificação da pressão de atuação	95
12.3.21.4	Ensaio de estanqueidade e resistência à pressão	95
12.3.22	Ensaio de estanqueidade e resistência à pressão a frio	96

12.3.23	Ensaio de verificação do equilíbrio de tensões	96
12.3.24	Ensaio das juntas de vedação	96
12.3.24.1	Ensaio de identificação do material	97
12.3.24.2	Ensaio de densidade	97
12.3.24.3	Ensaio de dureza Shore A	97
12.3.24.4	Ensaio de cinza	97
12.3.24.5	Ensaio de enxofre livre	97
12.3.24.6	Ensaio de tensão de ruptura	97
12.3.24.7	Ensaio de alongamento	98
12.3.24.8	Ensaio de envelhecimento térmico em ar	98
12.3.24.9	Ensaio de envelhecimento em líquido isolante	98
12.3.24.10	Ensaio de deformação permanente a compressão	99
12.3.24.11	Ensaio de relaxação de relaxamento de tensão por compressão	99
12.3.24.12	Ensaio de resistência ao ozônio	100
12.3.24.13	Ensaio de compatibilidade das juntas de vedação com líquido isolante	100
12.3.25	Ensaio de medição da camada de revestimento de zinco	100
12.3.25.1	Ensaio de massa por unidade de área	101
12.3.25.2	Ensaio de aderência da camada	101
12.3.25.3	Ensaio de espessura da camada	101
12.3.25.4	Ensaio de uniformidade da camada	101
12.3.26	Ensaio de medição da espessura do revestimento do terminal de ligação	102
12.3.26.1	Camada de estanho	102
12.3.26.2	Camada de prata	102
12.3.27	Ensaio de torque dos parafusos dos terminais	102
12.3.28	Ensaio de medição da impedância de sequência zero	103
12.3.29	Ensaio de suportabilidade a impulso atmosférico de baixa-tensão (BT) ..	103
12.3.30	Ensaio de suportabilidade a curto-circuito	103
12.3.31	Ensaio de medição de harmônicas da corrente de excitação	104
12.3.32	Ensaio de medição do fator de potência do isolamento (tg δ) e capacitâncias	104
12.4	RELATÓRIOS DOS ENSAIOS	104
13	PLANOS DE AMOSTRAGEM	105
13.1	ENSAIOS DE TIPO E ESPECIAIS	105
13.2	ENSAIOS DE RECEBIMENTO	105
13.2.1	Inspeção geral e verificação dimensional	105
13.2.2	Ensaio físico-químico do óleo	106
13.2.3	Demais ensaios	106
14	ACEITAÇÃO E REJEIÇÕES	106
14.1	ENSAIOS DE TIPO E ESPECIAIS	106
14.2	ENSAIOS DE RECEBIMENTO	106
15	NOTAS COMPLEMENTARES	107
16	HISTÓRICO DE VERSÕES DESTE DOCUMENTO	108
17	VIGÊNCIA	108

18	TABELAS.....	109
TABELA 1 - Características elétricas dos transformadores de distribuição monofásico (F/N) com óleo mineral.....		109
TABELA 2 - Características elétricas dos transformadores de distribuição monofásico (F/N) com óleo vegetal		110
TABELA 3 - Características elétricas dos transformadores de distribuição trifásico com óleo mineral		111
TABELA 4 - Características elétricas dos transformadores de distribuição trifásico com óleo vegetal.....		112
TABELA 5 - Níveis de isolamento.....		113
TABELA 6 - Derivações e relações de tensões.....		113
TABELA 7 - Limites de elevação de temperatura.....		114
TABELA 8 - Valores de perdas, correntes de excitação e tensões de curto-circuito para transformadores monofásicos		115
TABELA 9 - Valores de perdas, correntes de excitação e tensões de curto-circuito para transformadores trifásicos		116
TABELA 10 - Tolerâncias		118
TABELA 11 - Diagrama de polaridade.....		118
TABELA 12 - Níveis máximos de ruído		119
TABELA 13 - Espessura mínima da chapa de aço		119
TABELA 14 - Características elétricas das buchas isolantes.....		120
TABELA 15 - Buchas e terminais de baixa tensão de transformador monofásico e transformador trifásico.....		121
TABELA 16 - Momento de torção		121
TABELA 17 - Padronização dos elos-fusíveis.....		122
TABELA 18 - Informações constantes no QR-CODE e RFID		123
TABELA 19 - Plano de amostragem para ensaios de recebimento.....		124
TABELA 20 - Relação de ensaios.....		127
19	DESENHOS	129
DESENHO 1 - Característica dimensional do transformador monofásico (F/N)		129
DESENHO 2 - Característica dimensional do transformador trifásico		131
DESENHO 3 - Suporte fixação do transformador ao poste		133
DESENHO 4 - Válvula de alívio de pressão		136
DESENHO 5 - Dispositivo de aterramento		137
DESENHO 6 - Dispositivo de aterramento adicional em X2 (Transformador monofásico) ..		138
DESENHO 7 - Placa de identificação (modelo)		139
DESENHO 8 - Suporte para fixação de para-raios		141
DESENHO 9 - Marcações do transformador - Tampa e fundo.....		142
DESENHO 10 - Marcações do transformador - Frontal.....		143
DESENHO 11 - Marcações do transformador - Traseira e lateral - Transformador sem radiador		144
DESENHO 12 - Marcações do transformador - Traseira e lateral - Transformador com radiador		145
DESENHO 13 - Simbologia de identificação de enrolamentos em alumínio		146
DESENHO 14 - Simbologia de identificação de núcleo de metal amorfo		147



DESENHO 15 - Simbologia de identificação de óleo vegetal isolante	148
DESENHO 16 - Modelo das letras e números.....	149
DESENHO 17 - Etiqueta nacional de conservação de energia (ENCE)	150
DESENHO 18 - Etiqueta autoadesiva “ISENTO DE PCB” - Modelo	152
DESENHO 19 - Embalagem de transporte tipo engradado (modelo)	153
20 ANEXOS.....	154
ANEXO 1 - Quadro de dados técnicos e características garantidas.....	154
ANEXO 2 - Quadro de desvios técnicos e exceções.....	159
ANEXO 3 - Inspeção geral dos transformadores	160

1 OBJETIVO

Esta Especificação Técnica estabelece os requisitos técnicos mínimos, tanto mecânicos quanto elétricos, exigidos para a fabricação, ensaios e recebimento de Transformadores de Distribuição (TD), tipo aéreo especial (AEE), monofásicos (1F) e trifásicos (3F), com enrolamento de cobre ou alumínio, imersos em líquido isolante com resfriamento natural, a serem usados no sistema de distribuição de energia da Energisa.

2 CAMPO DE APLICAÇÃO

Aplicam-se às montagens das estruturas de transformação em linhas e redes aéreas de distribuição, nas classes de tensão até 15,0 kV, situado em áreas urbanas e rurais, previstas nas Normas Técnicas em vigência, de uso exclusivo para Energisa Sul-Sudeste (ESS)

NOTA:

- I. Este equipamento tem seu uso proibido em subestações de distribuição (SED) e para alimentação de equipamentos especiais.

3 OBRIGAÇÕES E COMPETÊNCIAS

Compete às áreas de planejamento, engenharia, patrimônio, suprimentos, elaboração de projetos, construção, ligação, combate a perdas, manutenção, linha viva e operação do sistema elétrico cumprir e fazer cumprir este instrumento normativo.

4 REFERÊNCIAS NORMATIVAS

Esta Especificação Técnica foi baseada no (s) seguinte (s) documento (s):

- ABNT NBR 5440, Transformadores para redes aéreas de distribuição - Requisitos



Como forma de atender aos processos de fabricação, inspeção e ensaios, os transformadores de distribuição devem satisfazer às exigências desta Especificação Técnica, bem como de todas as normas técnicas mencionadas abaixo.

4.1 Legislação e regulamentação federal

- Constituição da República Federativa do Brasil - Título VIII: Da Ordem Social - Capítulo VI: Do Meio Ambiente
- Lei Federal N.º 7.347, de 24/07/1985, Disciplina a ação civil pública de responsabilidade por danos causados ao meio ambiente, ao consumidor, a bens e direitos de valor artístico, estético, histórico, turístico e paisagístico e dá outras providências
- Lei Federal N.º 9.605, de 12/02/1998, Dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, e dá outras providências
- Lei Federal N.º 9.966, de 28/04/2000, Dispõe sobre a prevenção, o controle e a fiscalização da poluição causada por lançamento de óleo e outras substâncias nocivas ou perigosas em águas sob jurisdição nacional e dá outras providências
- Lei Federal N.º 10.295, de 17/10/2001, Dispõe sobre a Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia e dá outras providências
- Lei Federal N.º 12.305, de 02/08/2010, Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei Federal N.º 9.605, de 12/02/1998; e dá outras providências
- Lei Federal N.º 14.250, de 25/11/2021, Dispõe sobre a eliminação controlada de materiais, de fluidos, de transformadores, de capacitores e de demais equipamentos elétricos contaminados por bifenilas policloradas (PCBs) e por seus resíduos

- Decreto Federal N.º 41.019, de 26/02/1957, Regulamenta os serviços de energia elétrica
- Decreto Federal N.º 73.080, de 05/11/1973, Altera o artigo 47, do Decreto Federal N.º 41.019, de 26/02/1957, que regulamenta os serviços de energia elétrica
- Decreto Federal N.º 81.621, de 03/05/1978, Aprova o Quadro Geral de Unidades de Medida, em substituição ao anexo do Decreto Federal N.º 63.233, de 12/09/1968
- Decreto Federal N.º 96.044, de 18/05/1988, Regulamenta o Transporte Rodoviário de produtos Perigosos, e dá outras providências
- Decreto Federal N.º 6.514, de 22/07/2008, Dispõe sobre as infrações e sanções administrativas ao meio ambiente, estabelece o processo administrativo federal para apuração destas infrações, e dá outras providências
- Decreto Federal N.º 9.864, de 27/07/2019, Regulamenta a Lei n.º 10.295, de 17/10/2001, que dispõe sobre a Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia, e dispõe sobre o Comitê Gestor de Indicadores e Níveis de Eficiência Energética
- Decreto Federal Legislativo N.º 43, de 29/05/1998, Aprova o texto da Convenção Internacional sobre Preparo, Resposta, e Cooperação em Caso de Poluição por Óleo, 1990, concluída em Londres, em 30/11/1990
- Decreto Federal Legislativo N.º 204, de 2004, Aprova o texto da Convenção de Estocolmo sobre Poluentes Orgânicos Persistentes, adotada, naquela cidade, em 22/05/2001
- Portaria Interministerial MME/MDIC/MCTIC N.º 19, de 29/01/1981, Contaminação do meio ambiente por bifenis policlorados - PCBs (Ascarel, Aroclor, Clophen, Phenoclor, Kanechlor etc.)

- 
- Portaria Interministerial MME/MDIC/MCTIC N.º 3, de 14/05/2018, Aprova o programa de metas para transformadores de distribuição em líquido
 - Portaria Interministerial MME/MDIC/MCTI N.º 3, de 08/11/2023, Retifica a Portaria Interministerial nº 03/MME/MDIC/MCTIC, de 14/05/2018, que aprova o Programa de Metas para Transformadores de Distribuição em Líquido Isolante
 - Portaria Interministerial MTE/MS N.º 775, de 28/04/2004, Dispõe sobre a proibição, em todo o Território Nacional, da comercialização de produtos acabados que contenham “benzeno” em sua composição
 - Portaria Ministro de Estado dos Transportes N.º 204, de 20/05/1997, Baixa instruções complementares ao Decreto Federal N.º 96.044, de 18/05/1988
 - Resolução Normativa ANEEL N.º 1.000, de 07/12/2021, Estabelece as Regras de Prestação do Serviço Público de Distribuição de Energia Elétrica
 - Resolução Normativa ANP N.º 900, de 18/11/2022, Dispõe sobre as especificações dos óleos minerais isolantes tipo A e tipo B, de origem nacional ou importada, comercializados no território nacional
 - Resolução Normativa CONAMA N.º 1, de 23/01/1986, Dispõe sobre os critérios básicos e diretrizes gerais para o Relatório de Impacto Ambiental - RIMA
 - Resolução Normativa CONAMA N.º 9, de 31/08/1993 - Óleos lubrificantes e resíduos
 - Resolução Normativa CONAMA N.º 23, de 12/12/1996, Controle de movimentos transfronteiriços de resíduos perigosos e seu depósito
 - Resolução Normativa CONAMA N.º 237, de 19/12/1997, Dispõe sobre os procedimentos e critérios utilizados no licenciamento ambiental
 - Resolução Normativa CONAMA N.º 362, de 23/06/2005, Óleos lubrificantes e resíduos

- Portaria Normativa INMETRO N.º 140, 19/03/2021, Aprova os Requisitos Gerais de Declaração do Fornecedor de Produtos (RGDF Produto) - Consolidado
- Portaria Normativa INMETRO N.º 382, de 17/09/2021, Aprova os Requisitos de Avaliação da Conformidade para Transformadores de Distribuição em Líquido Isolante - Consolidado
- Norma Regulamentadora N.º 10 (NR-10), Segurança em instalações e serviços em eletricidade
- Norma Regulamentadora N.º 17 (NR-17), Ergonomia

4.2 Norma técnica brasileira

- ABNT IEC TS 60815-1, Seleção e dimensionamento de isoladores para alta-tensão para uso sob condições de poluição - Parte 1: Definições, informações e princípios gerais
- ABNT NBR 5356-1, Transformadores de potência - Parte 1: Generalidades
- ABNT NBR 5356-2, Transformadores de potência - Parte 2: Aquecimento
- ABNT NBR 5356-3, Transformadores de potência - Parte 3: Níveis de isolamento, ensaios dielétricos e espaçamento externo em ar
- ABNT NBR 5356-4, Transformadores de potência - Parte 4: Guia para ensaio de impulso atmosférico e de manobra para transformadores e reatores
- ABNT NBR 5356-5, Transformadores de potência - Parte 5: Capacidade de resistir a curtos-circuitos
- ABNT NBR 5356-7, Transformadores de potência - Parte 7: Guia de carregamento para transformadores imersos em líquido isolante
- ABNT NBR 5370, Conectores de cobre para condutores elétricos em sistemas de potência

- 
- ABNT NBR 5435, Buchas para transformadores imersos em líquido isolante - Tensão nominal 15 kV, 24,2 kV e 36,2 kV - Especificações
 - ABNT NBR 5456, Eletricidade geral - Terminologia
 - ABNT NBR 5458, Transformador de potência - Terminologia
 - ABNT NBR 5460, Sistemas elétricos de potência
 - ABNT NBR 5590, Tubos de aço-carbono com ou sem solda longitudinal, pretos ou galvanizados - Requisitos
 - ABNT NBR 5915-1, Chapas e bobinas de aço laminadas a frio - Parte 1: Requisitos
 - ABNT NBR 6234, Óleo mineral isolante - Determinação da tensão interfacial de óleo-água pelo método do anel - Método de ensaio
 - ABNT NBR 6323, Galvanização por imersão a quente de produtos de aço e ferro fundido - Especificação
 - ABNT NBR 6649, Bobinas e chapas finas a frio de aço-carbono para uso estrutural - Especificação
 - ABNT NBR 6650, Bobinas e chapas finas a quente de aço-carbono para uso estrutural - Especificação
 - ABNT NBR 6869, Líquidos isolantes elétricos - Determinação da rigidez dielétrica (eletrodos de disco)
 - ABNT NBR 7036, Recebimento, armazenagem, instalação e manutenção de transformadores de distribuição até a classe de tensão de 36,2 kV, imersos em líquido isolante
 - ABNT NBR 7095, Ferragens eletrotécnicas para linhas de transmissão e subestações de alta tensão e extra alta tensão

- 
- ABNT NBR 7277, Transformadores e reatores - Determinação do nível de ruído
 - ABNT NBR 7318, Elastômero vulcanizado para uso em veículos automotores - Determinação da dureza
 - ABNT NBR 7348, Pintura industrial - Preparação de superfície de aço com jateamento abrasivo ou hidrojateamento
 - ABNT NBR 7397, Produto de aço e ferro fundido galvanizado por imersão a quente - Determinação da massa do revestimento por unidade de área - Método de ensaio
 - ABNT NBR 7398, Produto de aço e ferro fundido galvanizado por imersão a quente - Verificação da aderência do revestimento - Método de ensaio
 - ABNT NBR 7399, Produto de aço e ferro fundido galvanizado por imersão a quente - Verificação da espessura do revestimento por processo não destrutivo - Método de ensaio
 - ABNT NBR 7400, Galvanização de produtos de aço e ferro fundido por imersão a quente - Verificação da uniformidade do revestimento - Método de ensaio
 - ABNT NBR 8158, Ferragens eletrotécnicas para redes aéreas de distribuição de energia elétrica - Especificação
 - ABNT NBR 8667-1, Comutadores de derivação - Parte 1: Especificação e ensaios
 - ABNT NBR 8840, Amostragem de líquidos isolantes - Requisitos
 - ABNT NBR 10443, Tintas e vernizes - Determinação da espessura da película seca sobre superfícies rugosas - Método de ensaio
 - ABNT NBR 10710, Líquido isolante elétrico - Determinação do teor de água - Método coulométrico de Karl Fischer
 - ABNT NBR 11003, Tintas - Determinação da aderência

- 
- ABNT NBR 11341, Derivados de petróleo - Determinação dos pontos de fulgor e de combustão em vaso aberto Cleveland
 - ABNT NBR 11407, Elastômero vulcanizado - Determinação das alterações das propriedades físicas, por efeito de imersão em líquidos - Método de ensaio
 - ABNT NBR 11888, Bobinas e chapas finas a frio e a quente de aço-carbono e de aço de alta resistência e baixa liga - Requisitos gerais
 - ABNT NBR 12133, Líquidos isolantes elétricos - Determinação do fator de perdas dielétricas e da permissividade relativa (constante dielétrica) - Método de ensaio
 - ABNT NBR 13231, Proteção contra incêndio em subestações elétricas
 - ABNT NBR 13882, Líquidos isolantes elétricos - Determinação do teor de bifenilas policloradas (PCB)
 - ABNT NBR 14248, Produtos de petróleo - Determinação do número de acidez e de basicidade - Método do indicador
 - ABNT NBR 14274, Óleo mineral isolante - Determinação da compatibilidade de materiais empregados em equipamentos elétricos
 - ABNT NBR 14483, Produtos de petróleo - Determinação da cor - Método do colorímetro ASTM
 - ABNT NBR 14842, Soldagem - Critérios para a qualificação e certificação de inspetores para o setor de petróleo e gás, petroquímico, fertilizantes, naval e termogeração (exceto nuclear)
 - ABNT NBR 15121, Isolador para alta-tensão - Ensaio de medição da radiointerferência
 - ABNT NBR 15158, Limpeza de superfícies de aço por produtos químicos
 - ABNT NBR 15422, Óleo vegetal isolante para equipamentos elétricos

- ABNT NBR 16367-2, Acessórios para transformadores e reatores de sistemas de potência imersos em líquido isolante - Parte 2: Dispositivo de alívio de pressão
- ABNT NBR 16431, Equipamentos elétricos - Determinação de compatibilidade de materiais empregados com óleo vegetal isolante
- ABNT NBR 16856, Buchas para transformadores imersos em líquido isolante - Tensão nominal de 1,2 kV e correntes de 160 A até 8 000 A - Especificação
- ABNT NBR 17088, Corrosão por exposição à névoa salina - Métodos de ensaio
- ABNT NBR IEC 60060-1, Técnicas de ensaios elétricos de alta tensão - Parte 1: Definições gerais e requisitos de ensaio
- ABNT NBR IEC 60085, Isolação elétrica - Avaliação e designação térmicas
- ABNT NBR IEC 60156, Líquidos isolantes - Determinação da rigidez dielétrica à frequência industrial - Método de ensaio
- ABNT NBR IEC 60529, Graus de proteção providos por invólucros (Códigos IP)

4.3 Norma técnica internacional

- ASTM A90/A90M, Standard test method for weight [mass] of coating on iron and steel articles with zinc or zinc-alloy coatings
- ASTM A153/A153M, Standard specification for zinc coating (hot-dip) on iron and steel hardware
- ASTM A239, Standard practice for locating the thinnest spot in a zinc (galvanized) coating on iron or steel articles
- ASTM A876/A876M, Standard specification for flat-rolled, grain-oriented, silicon-iron, electrical steel, fully processed types
- ASTM A900/A900M, Standard test method for lamination factor of amorphous magnetic strip

- 
- ASTM A901, Standard specification for amorphous magnetic core alloys, semi-processed types
 - ASTM B6, Standard specification for zinc
 - ASTM B117, Standard practice for operating salt spray (fog) apparatus
 - ASTM B545, Standard specification for electrodeposited coatings of tin
 - ASTM B571, Standard practice for qualitative adhesion testing of metallic coatings
 - ASTM B700, Standard specification for electrodeposited coatings of silver for engineering use
 - ASTM D92, Standard test method for flash and fire points by cleveland open cup tester
 - ASTM D297, Standard test methods for rubber products - Chemical analysis
 - ASTM D395, Standard test methods for rubber property - Compression set
 - ASTM D412, Standard test methods for vulcanized rubber and thermoplastic elastomers - Tension
 - ASTM D471, Standard test method for rubber property-effect of liquids
 - ASTM D523, Standard test method for specular gloss
 - ASTM D573, Standard test method for rubber - Deterioration in an air oven
 - ASTM D870, Standard practice for testing water resistance of coatings using water immersion
 - ASTM D877/D877M, Standard test method for dielectric breakdown voltage of insulating liquids using disk electrodes

- 
- ASTM D924, Standard test method for dissipation factor (or power factor) and relative permittivity (dielectric constant) of electrical insulating liquids
 - ASTM D971, Standard test method for interfacial tension of insulating liquids against water by the ring method
 - ASTM D974, Standard test method for acid and base number by color - indicator titration
 - ASTM D1014, Standard practice for conducting exterior exposure tests of paints and coatings on metal substrates
 - ASTM D1171, Standard test method for rubber deterioration - Surface ozone cracking outdoors (triangular specimens)
 - ASTM D1500, Standard test method for ASTM color of petroleum products (ASTM color scale)
 - ASTM D1533, Standard test method for water in insulating liquids by coulometric karl fischer titration
 - ASTM D1619, Standard test methods for carbon black - Sulfur content
 - ASTM D1735, Standard practice for testing water resistance of coatings using water fog apparatus
 - ASTM D2240, Standard test method for rubber property - Durometer hardness
 - ASTM D3359, Standard test methods for rating adhesion by tape test
 - ASTM D3455, Standard test methods for compatibility of construction material with electrical insulating oil of petroleum origin
 - ASTM D3677, Standard test methods for rubber - Identification by infrared spectrophotometry

- 
- ASTM D4059, Standard test method for analysis of polychlorinated biphenyls in insulating liquids by gas chromatography
 - ASTM D6147, Standard test method for vulcanized rubber and thermoplastic elastomer - Determination of force decay (stress relaxation) in compression
 - ASTM D6871, Standard specification for natural (vegetable oil) ester fluids used in electrical apparatus
 - ASTM D7091, Standard practice for nondestructive measurement of dry film thickness of nonmagnetic coatings applied to ferrous metals and nonmagnetic, nonconductive coatings applied to non-ferrous metals
 - ASTM E376, Standard practice for measuring coating thickness by magnetic-field or eddy current (electromagnetic) testing methods
 - AWS B3.0, Welding procedure and performance qualification
 - AWS D1.1/D1.1M, Structural welding code - Steel
 - CISPR TR 18-2, Radio interference characteristics of overhead power lines and high-voltage equipment - Part 2: Methods of measurement and procedure for determining limits
 - IEC 60060-1, High-voltage test techniques - Part 1: General definitions and test requirements
 - IEC 60076-1, Power transformers - Part 1: General
 - IEC 60076-2, Power transformers - Part 2: Temperature rise for liquid-immersed transformers
 - IEC 60076-3, Power transformers - Part 3: Insulation levels, dielectric tests and external clearances in air
 - IEC 60076-4, Power transformers - Part 4: Guide to the lightning impulse and switching impulse testing - Power transformers and reactors

- 
- IEC 60076-5, Power transformers - Part 5: Ability to withstand short circuit
 - IEC 60076-7, Power transformers - Part 7: Loading guide for mineral-oil-immersed power transformers
 - IEC 60076-10, Power transformers - Part 10: Determination of sound levels
 - IEC 60076-22-7, Power transformers - Part 22-7: Power transformer and reactor fittings - Accessories and fittings
 - IEC 60085, Electrical insulation - Thermal evaluation and designation
 - IEC 60156, Insulating liquids - Determination of the breakdown voltage at power frequency - Test method
 - IEC 60214-1, Tap-changers - Part 1: Performance requirements and test methods
 - IEC 60247, Insulating liquids - Measurement of relative permittivity, dielectric dissipation factor ($\tan \delta$) and d.c. resistivity
 - IEC 60404-8-7, Magnetic materials - Part 8-7: Specifications for individual materials - Cold-rolled grain-oriented electrical steel strip and sheet delivered in the fully-processed state
 - IEC 60437, Radio interference test on high-voltage insulators
 - IEC 60475, Method of sampling insulating liquids
 - IEC 60529, Degrees of protection provided by enclosures (IP Code)
 - IEC 60721-1, Classification of environmental conditions - Part 1: Environmental parameters and their severities
 - IEC 60721-2-1, Classification of environmental conditions - Part 2-1: Environmental conditions appearing in nature - Temperature and humidity

- IEC 60721-2-2, Classification of environmental conditions - Part 2-2: Environmental conditions appearing in nature - Precipitation and wind
- IEC 60721-2-4, Classification of environmental conditions - Part 2-4: Environmental conditions appearing in nature - Solar radiation and temperature
- IEC 60811-401, Electric and optical fibre cables - Test methods for non-metallic materials - Part 401: Miscellaneous tests - Thermal ageing methods - Ageing in an air oven
- IEC 61619, Insulating liquids - Contamination by polychlorinated biphenyls (PCBs) - Method of determination by capillary column gas chromatography
- IEC 62961, Insulating liquids - Test methods for the determination of interfacial tension of insulating liquids - Determination with the ring method
- IEC TS 60815-1, Selection and dimensioning of high-voltage insulators intended for use in polluted conditions - Part 1: Definitions, information and general principles
- IEEE 957, IEEE Guide for cleaning insulators
- IEEE 979, IEEE Guide for substation fire protection
- IEEE C57.12.20, IEEE Standard for overhead-type distribution transformers 500 kVA and smaller; high voltage, 34 500 V and below; low voltage, 7970/13 800y V and below
- IEEE C57.100, IEEE Standard for test procedure for thermal evaluation of insulation systems for liquid-immersed distribution, power, and regulating transformers
- ISO 179-1, Plastics - Determination of Charpy impact properties - Part 1: Non-instrumented impact test
- ISO 247-1, Rubber - Determination of ash - Part 1: Combustion method

- 
- ISO 752, Zinc ingots
 - ISO 815-1, Rubber, vulcanized or thermoplastic - Determination of compression set
 - ISO 1408, Rubber - Determination of carbon black content - Pyrolytic and chemical degradation methods
 - ISO 1431-1, Rubber, vulcanized or thermoplastic - Resistance to ozone cracking - Part 1: Static and dynamic strain testing
 - ISO 1461, Hot dip galvanized coatings on fabricated iron and steel articles - Specifications and test methods
 - ISO 1817, Rubber, vulcanized or thermoplastic - Determination of the effect of liquids
 - ISO 2093, Electroplated coatings of tin - Specification and test methods
 - ISO 2409, Paints and varnishes - Cross-cut test
 - ISO 2592, Petroleum and related products - Determination of flash and fire points - Cleveland open cup method
 - ISO 2781, Rubber, vulcanized or thermoplastic - Determination of density
 - ISO 4521, Metallic and other inorganic coatings - Electrodeposited silver and silver alloy coatings for engineering purposes - Specification and test methods
 - ISO 4650, Rubber - Identification - Infrared spectrometric methods
 - ISO 4892-1, Plastics - Methods of exposure to laboratory light sources - Part 1: General guidance
 - ISO 6618, Petroleum products and lubricants - Determination of acid or base number - Colour-indicator titration method

- ISO 7619-1, Rubber, vulcanized or thermoplastic - Determination of indentation hardness - Part 1: Durometer method (Shore hardness)
- ISO 8501-1, Preparation of steel substrates before application of paints and related products - Visual assessment of surface cleanliness - Part 1: Rust grades and preparation grades of uncoated steel substrates and of steel substrates after overall removal of previous coatings
- ISO 8501-4, Preparation of steel substrates before application of paints and related products - Visual assessment of surface cleanliness - Part 4: Initial surface conditions, preparation grades and flash rust grades in connection with water jetting
- ISO 9227, Corrosion tests in artificial atmospheres - Salt spray tests
- ISO 12937, Petroleum products - Determination of water - Coulometric Karl Fischer titration method
- ISO 15614-1, Specification and qualification of welding procedures for metallic materials - Welding procedure test - Part 1: Arc and gas welding of steels and arc welding of nickel and nickel alloys
- ISO 19840, Paints and varnishes - Corrosion protection of steel structures by protective paint systems
- SSPC-SP 1, Solvent cleaning

4.4 Normas técnicas do grupo Energisa

- ETU-189.1, Óleos minerais isolantes (OMI)
- ETU-189.2, Óleos vegetais isolantes (OVI)

NOTAS:

- 
- II. Todas as normas nacionais e internacionais (ABNT, IEEE, IEC, ANSI, ASTM etc.) mencionadas acima devem estar à disposição do inspetor da Energisa no local da inspeção;
- III. Todos os materiais que não são especificamente mencionados nesta Especificação Técnica, mas que são usuais ou necessários para a operação eficiente do equipamento, considerar-se-ão como aqui incluídos e devem ser fornecidos pelo fabricante sem ônus adicional;
- IV. A utilização de normas de quaisquer outras organizações credenciadas será permitida, desde que elas assegurem uma qualidade igual, ou melhor, que as anteriormente mencionadas e não contradigam a presente Especificação Técnica;
- V. As siglas acima referem-se a:
- ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica
 - ANP - Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis
 - CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente
 - INMETRO - Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia
 - MCTIC - Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações
 - MDIC - Ministério da Indústria, Comércio Exterior e Serviços
 - MME - Ministério de Minas e Energia
 - ETU - Especificação Técnica Unificada (grupo Energisa)
 - NDU - Norma de Distribuição Unificada (grupo Energisa)
 - ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas
 - NBR - Norma Brasileira

- NM - Norma Mercosul
- ANSI - American National Standards Institute
- ASTM - American Society for Testing and Materials
- AWS - American Welding Society
- CISPR - Comité International Spécial des Perturbations Radioélectriques
- IASC - International Annealed Copper Standard
- IEC - International Electrotechnical Commission
- IEEE - Institute of Electrical and Electronic Engineers
- ISO - International Organization for Standardization
- NEMA - National Electrical Manufacturers Associations
- SSPC - Steel Structures Painting Council

5 TERMINOLOGIA E DEFINIÇÕES

A terminologia adotada nesta Especificação Técnica corresponde a das normas ABNT NBR 5456, ABNT NBR 5458 e ABNT NBR 5460, complementada pelos seguintes termos:

5.1 Transformador

Equipamento elétrico estático que, por indução eletromagnética, transforma tensão e corrente alternadas entre dois ou mais enrolamentos, sem mudança de frequência.

5.1.1 Transformador de distribuição (TD)

Transformador de potência utilizado em sistemas de distribuição de energia elétrica.

5.1.2 Transformador em líquido isolante

Transformador cuja parte ativa é imersa em líquido isolante.

5.1.3 Transformador monofásico

Transformador constituído de apenas um enrolamento de fase em cada tensão.

5.1.4 Transformador trifásico

Transformador cujos enrolamentos primário e secundário são polifásicos.

5.2 Bucha

Peça ou estrutura de material isolante, que assegura a passagem isolada de um condutor através de uma parede não isolante.

NOTA:

- VI. Uma bucha completa inclui também o dispositivo de fixação à parede. Pode ainda incluir, dependendo do tipo da bucha, o condutor central e os dispositivos de ligação deste aos condutores externos à bucha.

5.3 Comutador de derivação

Dispositivo para mudança de ligação de derivação de um enrolamento de um transformador.

5.4 Derivação

Ligação feita em qualquer ponto do enrolamento, de modo a permitir a mudança da relação das tensões do transformador.

NOTA:

- VII. Nas demais definições o termo derivação pode também ser entendido como uma combinação de derivações.

5.4.1 Derivação inferior

Derivação cuja tensão de derivação é inferior à tensão nominal do enrolamento.

5.4.2 Derivação principal

Derivação à qual é referida a característica nominal de um enrolamento.

5.4.3 Derivação superior

Derivação cuja tensão de derivação é superior à tensão nominal do enrolamento.

5.5 Degrau de derivação

Diferença entre as tensões de derivação de duas derivações adjacentes, expressas em porcentagem da tensão nominal do enrolamento.

5.6 Deslocamento angular

Diferença angular entre os fasores que representam as tensões entre o ponto neutro (real ou fictício) e os terminais correspondentes de 2 (dois) enrolamentos, quando um sistema de tensões de sequência positiva é aplicado aos terminais do enrolamento de mais média tensão (MT), em ordem de sequência alfabética, se eles forem identificados por letras ou em sequência numérica, se identificados por números.

Convenciona-se que os fasores giram em sentido anti-horário.

NOTA:

- VIII. O fasor do enrolamento de mais média tensão (MT) é tomado como referência e a defasagem de todos os outros enrolamentos é expressa por uma indicação horária, isto é, a hora indicada pelo fasor do enrolamento, considerando-se que o fasor do enrolamento de mais média tensão está sobre a posição 12 (doze) horas quanto maior o número, maior a defasagem em atraso).

5.7 Dispositivo de alívio de pressão (DAP)

Dispositivo de proteção cuja finalidade é aliviar a pressão interna excedente devido a uma anormalidade, cooperando assim para a integridade do tanque do transformador.

5.8 Enrolamento

Conjunto das espiras que constituem um circuito elétrico, monofásico ou polifásico, de um transformador.

5.8.1 Enrolamento primário

Enrolamento que recebe energia.

5.8.2 Enrolamento secundário

Enrolamento que fornece energia.

5.8.3 Enrolamento série

Conjunto das espiras que pertencem a um dos enrolamentos apenas, primário ou secundário.

5.9 Ligação delta

Ligação de um enrolamento polifásico, em que as extremidades de polaridades opostas dos enrolamentos de fase são ligadas entre si, duas a duas, de modo a formar um único percurso fecha.

5.10 Ligação estrela

Ligação de um enrolamento polifásico em que uma das extremidades de mesma polaridade dos diversos enrolamentos de fase, é ligada a um ponto comum.

NOTA:

IX. No caso do enrolamento trifásico esta ligação pode ser denominada “ligação Y”.

5.11 Nível de isolamento

Conjunto de valores de tensões suportáveis nominais.

5.12 Núcleo

Circuito magnético de um transformador.

5.12.1 Núcleo envolvente

Núcleo é constituído por colunas interligadas pelos jugos, das quais algumas não atravessam as bobinas dos enrolamentos.

5.12.2 Núcleo envolvido

Núcleo é constituído por colunas interligadas pelos jugos, todas elas atravessando as bobinas dos enrolamentos.

5.13 Óleo mineral isolante (OMI)

Óleo isolante derivado do petróleo, destinado à utilização em transformadores, chaves elétricas, reatores, disjuntores, religadores etc.

5.14 Óleo vegetal isolante (OVI)

Óleo vegetal constituído por moléculas de triacilgliceróis (triglicerídeos), caracterizadas pela ligação éster formulado a partir de óleo extraído de vegetais, como sementes/grãos, e aditivos para melhoria de desempenho.

Também conhecido como éster natural isolante.

5.15 Parte ativa

Conjunto formado pelo núcleo, enrolamentos e suas partes acessórias.

5.16 Perdas em vazio

Potência ativa absorvida por um transformador quando alimentado por um de seus enrolamentos, com os terminais dos outros enrolamentos em circuito aberto.

5.17 Perdas totais



Soma das perdas em vazio e das perdas em cargas de um transformador.

5.18 Polaridade subtrativa (aditiva)

Polaridade dos terminais de um transformador monofásico, tal que, ligando-se um terminal primário a um terminal secundário correspondente (não correspondente) e aplicando-se tensão a um dos enrolamentos, a tensão medida entre os terminais não ligados seja igual à diferença (soma) das tensões dos enrolamentos.

5.19 Radiador

Dispositivo que aumenta a superfície de irradiação, para facilitar a dissipação de calor.

5.20 Redes e linhas de distribuição

Conjunto de estruturas, utilidades, condutores e equipamentos elétricos, aéreos ou subterrâneos, utilizados para a distribuição da energia elétrica, operando em baixa, média ou alta tensão de distribuição.

5.21 Terminal de ligação

Parte condutora de um transformador destinada à sua ligação elétrica a um circuito externo.

5.22 Ensaio de recebimento

O objetivo dos ensaios de recebimento é verificar as características de um material que podem variar com o processo de fabricação e com a qualidade do material componente.

Estes ensaios devem ser executados sobre uma amostragem de materiais escolhidos aleatoriamente de um lote que foi submetido aos ensaios de rotina.

5.23 Ensaio de tipo



O objetivo dos ensaios de tipo é verificar as principais características de um material que dependem de seu projeto.

Os ensaios de tipo devem ser executados somente uma vez para cada projeto e repetidos quando o material, o projeto ou o processo de fabricação do material for alterado ou quando solicitado pelo comprador.

5.24 Ensaios especiais

O objetivo dos ensaios especiais é avaliar materiais com suspeita de defeitos, devendo ser executados quando da abertura de não-conformidade, sendo executados em unidades recolhidas em cada unidade de negócio.

Este tipo de ensaio é executado e custeado pela Energisa.

6 HOMOLOGAÇÃO DE FORNECEDORES

O cadastro comercial via Web Supply é obrigatório para todos os fornecedores do Grupo Energisa. A manutenção deste cadastro atualizado é uma obrigação do fornecedor.

A homologação técnica é realizada de acordo com os níveis de complexidade das classes de materiais envolvidas, como pode ser observado em nosso Manual da Qualidade de Fornecedores, disponível no link abaixo:

<https://www.grupoenergisa.com.br/fornecedores>

7 CONDIÇÕES GERAIS

Os transformadores de distribuição devem:

- a) Ser fornecidos completos e completamente montados, cheios de líquido isolante, com as buchas e terminais, todos os dispositivos, equipamentos e acessórios descritos nesta Especificação Técnica e outros não descritos, mas, solicitados nela ou no contrato, necessários para o seu pronto funcionamento e aptos para operação;

- 
- b) Ter todas as peças correspondentes intercambiáveis, quando de mesmas características nominais e fornecidas pelo mesmo fabricante;
 - c) Ser projetados com matérias primas empregadas na fabricação e acabamento devem incorporar tanto quanto possível as mais recentes técnicas e melhoramentos;
 - d) Ser projetados, de modo que, as manutenções possam ser efetuadas pelo grupo Energisa ou em oficinas por ele qualificadas, sem o emprego de máquinas ou ferramentas especiais;
 - e) Ser projetados para os limites de elevação de temperatura dos enrolamentos sem comprometer as características dos materiais isolantes.

7.1 Condições do serviço

Os transformadores de distribuição tratados nesta Especificação Técnica devem ser adequados para operar nas seguintes condições:

- a) Altitude não superior a 1.500 metros acima do nível do mar;
- b) Temperatura, conforme IEC 60721-2-1:
 - Máxima do ar ambiente: 45 °C;
 - Média, em um período de 24 horas: 35 °C;
 - Mínima do ar ambiente: 0 °C;
- c) Pressão máxima do vento: 700 Pa (70 daN/m²), valor correspondente a uma velocidade do vento de 122,4 km/h, conforme IEC 60721-2-2;
- d) Umidade relativa do ar até 100 %, conforme IEC 60721-2-1;
- e) Nível de radiação solar: 1,1 kW/m², com alta incidência de raios ultravioleta, conforme IEC 60721-2-4;
- f) Precipitação pluviométrica: média anual de 1.500 a 3.000 mm;

- 
- g) Classe de severidade de poluição local (SPS) leve e médio, conforme ABNT IEC TS 60815-1 ou IEC TS 60815-1;
 - h) Vibrações insignificantes devido a causas externas aos transformadores ou devido a tremores de terra, conforme IEC 60721-1;
 - i) Funcionamento em condições tais como:
 - Em regime ou frequências não usuais; ou
 - Com forma de onda distorcida ou com tensões assimétricas.
 - j) Instalação em poste de distribuição e/ou plataforma.

7.2 Linguagens e unidades de medida

O sistema métrico de unidades deve ser utilizado como referência nas descrições técnicas, especificações, desenhos e em quaisquer outros documentos. Qualquer valor que, por conveniência, seja apresentado em outras unidades de medida também deve ser expresso no sistema métrico.

Todas as instruções, relatórios de ensaios técnicos, desenhos, legendas, manuais técnicos etc., fornecidos pelo fabricante, bem como as placas de identificação, devem ser redigidos em português. No caso de equipamentos importados, deve ser fornecida uma versão em português e outra no idioma de origem.

NOTA:

- X. Os relatórios de ensaios técnicos, excepcionalmente, poderão ser aceitos em inglês ou espanhol.

7.3 Acondicionamento

Os transformadores de distribuição devem ser acondicionados individualmente, em container (caixa para transporte), confeccionada em madeira não retornáveis, conforme Desenho 19, com massa-bruta não superior a 2.000 (dois mil) quilogramas, obedecendo às seguintes condições:

- 
- a) Devem ser adequadamente embaladas de modo a garantir o transporte (ferroviário, rodoviário, hidroviário, marítimo ou aéreo) seguro até o local de armazenamento ou instalação, em qualquer condição que possa ser encontrada (intempéries, umidade, choques etc.), bem como ao manuseio;
- b) Devem ser feitas de modo que o peso e as dimensões sejam conservados dentro de limites razoáveis a fim de facilitar o manuseio, o armazenamento e o transporte. As embalagens devem ter:
- Travas diagonais para evitar movimentos laterais dos transformadores durante o transporte;
 - Topo nivelado de modo a permitir o perfeito empilhamento de outra embalagem sobreposta;
 - Suas laterais superiores dimensionadas para suportar, sem deformação, o peso de outra embalagem sobreposta.
- c) As embalagens devem ser construídas de modo a possibilitar:
- Uso de empilhadeiras e carro hidráulico;
 - Carga e descarga, através da alça de suspensão do transformador, com o uso de pontes rolantes;
 - Transporte e ou armazenamento superposto de 2 (dois) transformadores.
- d) O material em contato com os transformadores não deve:
- Adicionar aderência;
 - Causar contaminação;
 - Provocar corrosão durante o armazenamento;
 - Retenção de umidade.

- e) Além disso, devem ser observadas as demais indicações no protocolo logístico do material, disponível no site da Energisa, através do seguinte link:

<https://www.energisa.com.br/normas-tecnicas>

NOTAS:

- XI. Para equipamentos com peso bruto superior a 2.000 (dois mil) quilogramas, deve ser informado a necessidade de equipamento especial para carga e descarga;
- XII. A embalagem quando confeccionada em madeira, a mesma:
- Devem ter qualidade no mínimo igual à do pinus de segunda e certificada pelo IBAMA.
 - Não devem conter substâncias ou produtos passíveis de agredir o meio ambiente quando do descarte ou reaproveitamento dessas embalagens;
 - Devem ser de madeira de boa qualidade, reforçadas, contendo suporte para apoio e marcação dos pontos e sentidos de içamento. Ser isentos de trincas, rachaduras ou qualquer outro tipo de defeito e não apresentar pontas ou cabeças de pregos ou parafusos que possam danificar os transformadores de distribuição.
- XIII. A embalagem deve ser elaborada com material reciclável. Não serão aceitas embalagens elaboradas com poliestireno expandido, popularmente conhecido como “isopor”.

7.4 Transporte

O transporte de transformadores com líquido isolante deve ser realizado com o transformador completamente preenchido, com o seu nível normal de operação.

O fabricante, a partir de 01/07/2026, deve instalar registradores de impacto para monitoramento do transporte, devendo ser mantido até o descarregamento no local de recebimento.



O fornecedor deve apresentar um laudo do transporte incluindo, no mínimo, os responsáveis pela análise, os parâmetros analisados e os resultados de impacto obtidos, até 10 (dez) dias após a descarga do (s) transformador (es) na Unidade de Negócio (UN) da Energisa. O relatório original extraído do registrador de impactos deve constar no laudo como anexo.

Os registradores de impacto devem ter características mínimas de:

- a) Memória para eventos: 125.000 eventos (64 Bytes / Evento);
- b) Memória para Shock: 400 eventos de shock (3,0 s / shock);
- c) Registro nos 3 eixos com aceleração: 0 - 16 g (1,0 g = 9,81 m/s²);
- d) Temperatura: - 40 °C a + 125 °C;
- e) Registro de umidade: 0 a 100 % RH;
- f) Display.

Se os valores medidos ultrapassarem os limites máximos indicados pelo fabricante, este fato deve ser comunicado, tanto ao fabricante, quanto à Energisa, para avaliar os resultados e indicar as ações de inspeção da parte ativa, seguindo os procedimentos indicados na ABNT NBR 7036.

7.5 Meio ambiente

O fornecedor nacional deve cumprir, rigorosamente, em todas as etapas da fabricação, do transporte e do recebimento dos transformadores de distribuição, a legislação ambiental brasileira e as demais legislações federais, estaduais e municipais aplicáveis.

No caso de fornecimento internacional, os fabricantes/fornecedores estrangeiros devem cumprir a legislação ambiental vigente nos seus países de origem e as normas internacionais relacionadas à produção, ao manuseio e ao transporte dos transformadores de distribuição, até a entrega no local indicado pela Energisa. Ocorrendo transporte em território brasileiro, os fabricantes e fornecedores



estrangeiros devem cumprir a legislação ambiental brasileira e as demais legislações federais, estaduais e municipais aplicáveis.

O fornecedor é responsável pelo pagamento de multas e pelas ações que possam incidir sobre a Energisa, decorrentes de práticas lesivas ao meio ambiente, quando derivadas de condutas praticadas por ele ou por seus subfornecedores.

A Energisa poderá verificar, junto aos órgãos oficiais de controle ambiental, a validade das licenças de operação das unidades industriais e de transporte dos fornecedores e dos subfornecedores.

O fornecedor deverá apresentar as seguintes informações:

- Tipo de madeira utilizada nas embalagens e respectivo tratamento preservativo empregado e os efeitos desses componentes no ambiente, quando de sua disposição final (descarte);
- Quanto à forma mais adequada de disposição final dos transformadores, em particular do líquido isolante contido nos equipamentos e dos componentes em contato com o óleo, conforme as legislações ambientais aplicáveis;
- As condições para receber de volta os transformadores de sua fabricação, ou por ele fornecidas, que estejam fora de condições de uso.

Não podem ser usados na fabricação de quaisquer materiais ou equipamentos a serem adquiridos pela Energisa:

- a) Amianto ou asbesto;
- b) Bifenilas Policloradas (PCB);
- c) Poluentes orgânicos persistentes (POPS), conforme Decreto Legislativo N.º 204, de 2004;
- d) Benzeno, conforme Portaria Interministerial MTE/MS nº 775 de 28/04/2004.



As substâncias consideradas perigosas não poderão ser utilizadas em concentração acima da recomendada, conforme diretiva 2011/65/EU para RoHS (Restriction of Certain Hazardous Substances) e WEEE (Waste Electrical and Electronic Equipment).

Os processos produtivos que geram efluentes líquidos industriais ou emissões atmosféricas e radioativas, devem se enquadrar aos padrões normativos previstos na legislação ambiental aplicável.

7.6 Expectativa de vida útil

Os transformadores de distribuição devem ter uma expectativa de vida útil, mínima, de:

- Transformador com óleo mineral isolante (OMI): 25 (vinte e cinco) anos;
- Transformador com óleo vegetal isolante (OVI): 27 (vinte e cinco) anos;

Contando a partir da data de fabricação, contra qualquer falha, provenientes de processo fabril, sob condições normais de operação prevista nesta Especificação Técnica.

NOTA:

XIV. A expectativa de vida útil é estabelecida pela ANEEL, através do Manual de Controle Patrimonial do Setor Elétrico (MCPSE).

7.7 Garantia

O período de garantia dos materiais deve estar de acordo com o estipulado na Ordem de Compra de Materiais (OCM), contra qualquer defeito de fabricação, material e acondicionamento.

Se os materiais apresentarem qualquer tipo de defeito de fabricação, um novo período de garantia deve ser estabelecido para todo o lote em questão. Durante esse período, as despesas com mão de obra relacionadas à retirada e instalação de equipamentos comprovadamente defeituosos de fabricação, bem como o transporte



desses entre o almoxarifado da concessionária e o fornecedor, serão de responsabilidade do último.

7.8 Etiquetas autoadesivas

7.8.1 Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (ENCE)

A portaria Normativa INMETRO N.º 382/2021, define que a (s) fornecedora (s) de transformadores deve estar, obrigatoriamente, em conformidade com os requisitos estabelecidos pelo Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE) para Transformadores de Distribuição em líquidos isolantes e devem possuir o Selo de Identificação da Conformidade (SIC), na forma da Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (ENCE) afixada no tanque do equipamento.

A etiqueta ENCE deverá ser do tipo autocolante para uso ao tempo e ser impressa na cor preta, notação Munsell N.º NA/1 e 2 % R em fundo branco ou na segunda cor de impressão da embalagem que ofereça o maior contraste possível, conforme Desenho 17.

7.8.2 Identificação de Isento de PCB

Os equipamentos reformados ou recuperados deverão utilizar óleo mineral isolante isentos de PCB para seu preenchimento, utilizando para identificação etiqueta autoadesiva conforme Desenho 18.

A etiqueta deverá ser do tipo autocolante, para uso ao tempo e ser impressa em fundo branco ou na segunda cor de impressão da embalagem que ofereça o maior contraste possível, na cor preta, notação Munsell N.º NA/1 e 2 % R.

7.9 Numeração de patrimônio

Os transformadores de distribuição devem conter a numeração de patrimônio, sequencial patrimônio, fornecida pela Energisa. A numeração deverá ser de forma legível e indelével, cor preta, notação Munsell N1, e resistir às condições de ambiente agressivo, durante a vida útil do equipamento.



O fabricante deverá fornecer à Energisa, após a liberação dos transformadores de distribuição, uma relação individualizada, por concessionária, contendo:

- a) Número de série de fabricação;
- b) Número de patrimônio correspondente;
- c) Tensão primária nominal, em quilovolt (kV);
- d) Tensão secundária nominal, em volt (V);
- e) Potência nominal, em quilovolt amperes (kVA).

7.10 Incorporação ao patrimônio da Energisa

Não serão aceitos transformadores de distribuição, previstos nesta Especificação Técnica, em obras particulares para incorporação ao patrimônio da Energisa.

7.11 Manual de instruções

Os transformadores de distribuição devem estar acompanhados, quando for o caso, de manuais de operação, escritos em português, que forneçam todas as informações necessárias ao seu manuseio.

Os manuais devem conter, no mínimo, as seguintes informações:

- a) Instruções completas cobrindo: descrição, funcionamento, manuseio, instalação, ajustes, operação, incluindo os modelos aos quais ele se aplica;
- b) Relação completa de todos os componentes e acessórios, incluindo nome, descrição, número de catálogo, quantidade usada, identificação do desenho;
- c) Procedimentos específicos relativos ao descarte dos equipamentos propostos, quer ao final da sua vida útil, quer em caso de inutilização por avaria.

7.12 Avaliação técnica do material



O fornecedor deve apresentar os documentos técnicos relacionados a seguir, atendendo aos requisitos especificados na Energisa, relativos a prazos e demais condições de apresentação de documentos:

- a) Catálogos e outras informações pertinentes;
- b) Desenho técnicos detalhado;
- c) Quadro de dados técnicos e características garantidas total e corretamente preenchido, conforme apresentado no Anexo 1.

Ademais, o fornecedor deve providenciar uma cópia, em língua portuguesa, com as medidas expressas no sistema métrico decimal, dos desenhos relacionados a seguir:

- a) Tipo e código do fabricante;
- b) Desenhos dimensionais do transformador com vistas frontal, posterior, lateral, superior e inferior, detalhes de fixação, dimensionais e disposição dos componentes, com legenda e código, a função e descrição do componente;
- c) Desenhos detalhados, em planta e cortes, do conjunto núcleo-enrolamentos indicando material usado e processos de montagem e de manutenção;
- d) Desenhos detalhados da placa de identificação;
- e) Desenhos detalhados das buchas e terminais de média e baixa tensão, com dimensões, detalhes de montagem e características físicas e dielétricas, indicando fabricante, tipo e designação; deve ser incluído as informações dos parafusos de ligação;
- f) Desenhos detalhados das alças para suspensão do transformador, com dimensões e material utilizado;
- g) Detalhamento da fixação e vedação da tampa indicando dimensões, número e tipo de parafusos de fixação e material utilizado;

- 
- h) Desenhos detalhados do dispositivo de aterramento, com dimensões e material utilizado;
 - i) Desenhos detalhados do comutador interno, com dimensões, processos para fixação e indicação da marcação das derivações (TAPs);
 - j) Desenhos detalhados reforço do tanque para os suportes dos transformadores, quando aplicável;
 - k) Desenhos detalhados da base do transformador;
 - l) Desenho detalhado do suporte de para-raios;
 - m) Desenho detalhado da embalagem para transporte, contendo dimensões, massa, detalhes para içamento, tipo de madeira e tratamento utilizado, localização do centro de gravidade etc.
 - n) Detalhamento do esquema de tratamento e pintura das superfícies metálicas;
 - o) Cópia dos manuais de instrução, cobrindo instalação e manutenção do equipamento.

Quando os transformadores de distribuição propostos apresentarem divergências em relação a esta Especificação Técnica, o fornecedor deve submeter os desvios à prévia aprovação junto à área de Engenharia e Cadastro, através do Anexo 2.

NOTAS:

- XV. Quando da consulta para aprovação dos desvios, os mesmos deverão estar claramente identificados, e tratados como tal, tanto no texto como nos desenhos;
- XVI. As empresas Distribuidoras do Grupo Energisa, não se responsabilizam pela fabricação dos equipamentos em desacordo com a presente especificação técnica.

8 CARACTERÍSTICAS ELÉTRICAS

8.1 Condições de carregamento

Os transformadores de distribuição devem, além de sua potência nominal em carga contínua, ser capaz de atender às condições especificadas na ABNT NBR 5356-7 ou IEC 60076-7.

Os equipamentos auxiliares, tais como buchas, comutadores de derivações e outros, devem suportar sobrecargas correspondentes até uma 1,5 vezes a potência nominal do transformador.

8.2 Potência nominal (S)

As potências nominais, em quilovolts-ampère (kVA), para transformadores de distribuição em regime contínuo, são as seguintes:

a) Monofásicos FN (Fase-Neutro):

- 10 kVA, 15 kVA, 25 kVA.

b) Trifásico:

- 15 kVA, 30 kVA, 45 kVA, 75 kVA, 112,5 kVA, 150 kVA, 225 kVA e 300 kVA.

Todos os transformadores contidos nesta Especificação Técnica são para uso exclusivo da Energisa em sistemas de distribuição de energia elétrica.

8.3 Tensão nominal (U_r)

As tensões nominais padronizadas, em quilovolts (kV), são:

a) Primárias:

- Monofásica: 6,582 kV, 7,967 kV, 12,702 kV e 19,919 kV;
- Trifásica: 11,4 kV, 13,8 kV, 22,0 kV e 34,5 kV.

b) Secundárias:

- Monofásica: 254/127 V;
- Trifásicas: 220/127 V.

Os transformadores de distribuição devem ser capazes de operar, sem danos, sob uma condição de sobrefluxo onde a relação tensão/frequência não exceda em 5,0 % a relação tensão/frequência especificada.

8.4 Nível de isolamento nominal (U_d)

Os níveis de isolamento, em quilovolts (kV), e os espaçamentos mínimos no ar, em milímetros (mm), devem obedecer a Tabela 5.

8.5 Derivações (TAPS) e tensões nominais

As derivações devem ser do tipo degraus, com 600 V.

As derivações e relações de tensões são as constantes das Tabela 6.

NOTAS:

- XVII. Os transformadores de distribuição devem ser expedidos na derivação (TAP) correspondente à tensão primária nominal, conforme item 8.3;
- XVIII. Não serão aceitos transformadores com derivações em percentual (%) de redução ou elevação.

8.6 Frequência nominal (f_r)

A frequência nominal dos transformadores de distribuição deve ser de 60 Hertz (Hz).

8.7 Elevação de temperatura

A elevação de temperatura de cada enrolamento do transformador, projetado para operação em condições normais de serviço, não pode exceder o limite especificado na Tabela 7.



Os transformadores deverão possuir limites de elevação de temperatura máximas correspondentes ao:

a) Óleo mineral isolante (OMI):

- Alternativa “1” com data de fabricação até 31/12/2026;
- Alternativa “2” com data de fabricação após 01/01/2027.

b) Óleo vegetal isolante (OVI):

- Alternativa “1” com data de fabricação até 31/12/2026;
- Alternativa “2” com data de fabricação após 01/01/2027.

NOTA:

XIX. Os limites de elevação de temperatura são válidos para todas as derivações.

8.8 Perdas, correntes de excitação e tensão de curto-circuito

Conforme estabelece a Portaria Interministerial N.º 3, de 31/07/2018, os transformadores deverão possuir níveis de perdas máximas correspondentes ao:

- Nível “E” até a data de fabricação de 31/12/2018;
- Nível “D” a partir da data de fabricação de 01/01/2019;
- Nível “C” a partir da data de fabricação de 01/01/2024.

Para as temperaturas de referência citadas na Tabela 7, os valores de perdas em vazio (P_0), perdas totais (P_t), corrente de excitação máxima (I_0) e tensão de curto-circuito são os indicados nas Tabelas 8 e 9, e referidos à derivação principal.

Os valores individuais não devem ultrapassar os valores garantidos na proposta, observadas as tolerâncias especificadas na Tabela 10.

8.9 Diagramas fasoriais e polaridade dos transformadores

Os transformadores de distribuição monofásicos devem possuir diagrama de polaridade conforme Tabela 11, não sendo aceito a polaridade aditiva.

Os transformadores de distribuição trifásicos devem ser ligados em delta/triângulo (Δ) e os secundários em estrela aterrada, com deslocamento angular entre eles 30° (trinta graus), com as fases de baixa tensão (BT) atrasadas em relação às correspondentes de média tensão (MT). O diagrama de ligações deve estar em conformidade com a Figura 1.

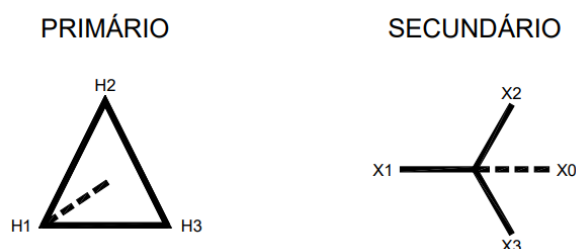
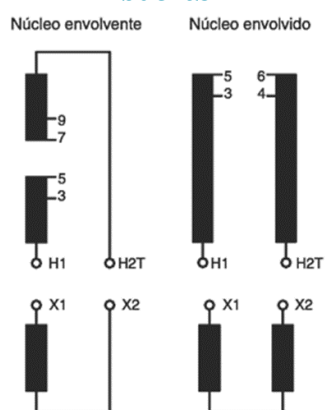


Figura 1 - Diagrama de ligação

8.10 Diagramas de ligações dos transformadores

Os transformadores de distribuição monofásicos devem possuir diagrama de ligação de polaridade subtrativa, conforme Figura 2.

Transformadores monofásico com duas buchas



Transformadores monofásico com três buchas

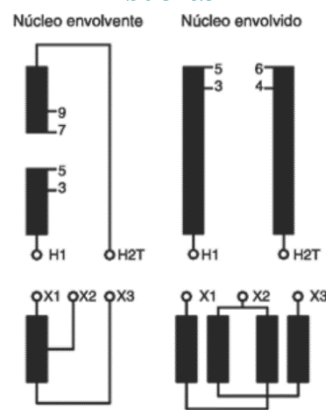


Figura 2 - Transformador monofásico - Diagrama de ligação

Os transformadores de distribuição trifásicos devem possuir diagrama de ligação Dyn1, conforme Figura 3.

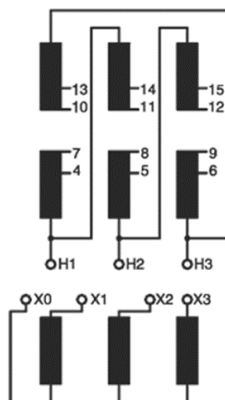


Figura 3 - Transformador trifásico - Diagrama de ligação (Dyn1)

8.11 Tensão de rádio-interferência (TRI)

Os transformadores de distribuição devem ser submetidos ao ensaio de tensão de rádio interferência conforme CISPR TR 18-2 ou ABNT NBR 15121 ou IEC 60437, com a tensão máxima de 1,1 vezes o valor da tensão da maior derivação entre terminais de média tensão (MT) acessíveis.

O valor máximo da tensão de rádio-interferência deve ser 250 μ V.

8.12 Capacidade de resistir a curtos-circuitos

Os transformadores de distribuição devem ser capazes de resistir, sem sofrer danos, aos efeitos térmicos e dinâmicos decorrentes de curtos-circuitos em seus terminais secundários, mantendo a tensão nominal nos terminais primários, conforme a ABNT NBR 5356-5 ou IEC 60076-5. Estes efeitos devem ser limitados a uma corrente máxima simétrica de 25 (vinte e cinco) vezes a corrente nominal do transformador.

8.13 Nível de ruído

Os transformadores de distribuição devem atender aos níveis máximos de ruído conforme Tabela 12.

9 CARACTERÍSTICAS CONSTRUTIVAS



Os transformadores de distribuição devem ser projetados e fabricados para operarem de forma hermética, sendo capazes de suportar variações de pressão interna.

Os transformadores de serviço auxiliar devem suportar lavagens sob pressão em linhas de distribuição energizadas, conforme IEEE 957.

9.1 Materiais isolantes

O líquido isolante deve ser:

- a) Óleo mineral isolante (OMI): Com especificação mínima conforme Resolução Normativa ANP N.º 900/2022, dos tipos:
 - Tipo “A” (base naftênica);
 - Tipo “B” (base parafínica).
- b) Óleo vegetal isolante (OVI): Com especificação mínima conforme ABNT NBR 15422 ou ASTM D6871, devendo apresentar as seguintes características:
 - Classificado como fluido de alto ponto de combustão (classe K) conforme a ABNT NBR 13231 ou IEEE 979, ou seja, deve apresentar ponto de combustão acima de 300 °C;
 - Provenientes de fontes renováveis, e ensaios específicos devem ser realizados para demonstrar sua fácil biodegradabilidade;
 - Resultados de estudos de envelhecimento acelerado através de tubos selados e método de ensaio Lockie, conforme IEEE C57.100);
 - Ter publicado seus fatores de carregamento A e B da equação de Arrhenius para envelhecimento do papel isolante.

Os materiais isolantes dos transformadores de distribuição devem ser, no mínimo, de classe térmica 105 °C (designação A), conforme ABNT NBR IEC 60085 ou IEC 60085.

NOTA:

- 
- XX. Quando o transformador for projetado para elevações de temperatura mais altas, conforme previsto no item 8.7 e Tabela 7, devem ser utilizados materiais compatíveis com a alternativa selecionada.

9.2 Resfriamento

Os transformadores de distribuição devem ser resfriamento em sistema tipo:

- Óleo mineral isolante (OMI): ONAN (Óleo natural, ar natural) por circulação natural;
- Óleo vegetal isolante (OVI): KNAN (Óleo natural, ar natural) por circulação natural.

9.3 Estrutura do transformador

Não é permitida a instalação de conservador de líquido isolante no transformador e abertura para inspeção.

9.3.1 Tanque do transformador e respectiva tampa

O tanque e a tampa devem ser confeccionados de chapas de aço, conforme as ABNT NBR 6649, ABNT NBR 6650 e ABNT NBR 11888, com espessura mínima conforme Tabela 13, devendo suportar a pressão manométrica de 69 kPa (0,7 kgf/cm²), durante 1,0 (uma) hora.

Todas as aberturas existentes na tampa devem ser providas de ressalto construídos de maneira a evitar acumulação e/ou penetração de água.

A borda do tanque do transformador deve ser adequada para permitir o correto alojamento das juntas, de modo a evitar seu deslizamento.

Deverá ser gravado, em baixo relevo, o número de série nas seguintes partes do transformador:

- a) No tanque, logo acima da placa de identificação;

- b) Na tampa;
- c) Nas alças de suspensão.

9.3.2 Radiadores

Os radiadores devem ser do tipo aletados, tubulares ou painéis corrugados, fixados ao tanque, através de solda e devem ser confeccionados em:

- Chapas de 1,2 mm de espessura, no mínimo, conforme a ABNT NBR 5915-1; ou
- Tubos de 1,5 mm de espessura, no mínimo, conforme a ABNT NBR 5590.

Quando necessário, devem ser providos de reforços estruturais verticais e/ou horizontais.

9.3.3 Alças de suspensão ou orelhas de suspensão

Os transformadores de distribuição devem possuir 2 (duas) alças de suspensão, conforme Desenhos 1 a 3, de maneira que o material de içamento não atinja as bordas da tampa e tenha resistência, dimensões e formato suficientes e adequados para permitir o içamento e a locomoção do transformador sem lhe causar outros danos, inclusive na pintura e nas buchas.

As alças de suspensão devem ser isentas de rebarbas e deverá ser gravado, em baixo relevo, o número de série.

9.3.4 Suporte para fixação no poste

Os suportes devem ser soldados no tanque e ter formato e dimensões e espessura tal que suportem perfeitamente o peso do transformador e permitam a instalação adequada deste ao poste, conforme Desenho 4, sendo que:

- a) Tipo 1: Deve ser utilizado para transformadores monofásicos até 37,5 kVA;
- b) Tipo 2: Deve ser utilizado para transformadores:
 - Monofásicos: acima de 37,5 kVA; e

- Trifásicos: até 300 kVA;

c) Tipo 3: Deve ser utilizado para transformadores monofásicos até 25 kVA, como alternativa ao Tipo 1.

Os suportes para transformadores de distribuição com potências igual ou superior à 150 kVA devem ser adequadamente reforçados.

NOTA:

XXI. As abas laterais, ou eventuais reforços, dos suportes não devem ser coincidentes com o eixo vertical das buchas X1 e X3 nos transformadores monofásicos e X0 e X3 nos trifásicos.

9.3.5 Sistema de fixação da tampa

A tampa deve ser fixada ao tanque por meio de dispositivos adequados e imperdíveis quando da sua retirada do transformador e deve ser garantida a continuidade elétrica entre a tampa e o tanque, de forma que não impeça a retirada da tampa e que não interfiram na conexão dos cabos de baixa tensão nas buchas secundárias.

NOTA:

XXII. Os dispositivos de fixação da tampa ao tanque não devem coincidir com o eixo vertical das buchas secundárias, de modo a preservar a cota “E” do Desenhos 1 e 2 e a distância mínima de espaçamento no ar estabelecida pela ABNT NBR 5440.

9.3.6 Fixação e suspensão da parte ativa

A parte ativa deve ser fixada nas paredes internas do tanque através de dispositivos laterais que não dificultem sua retirada e sua recolocação no tanque. Devem também permitir a retirada da tampa sem necessidade de remoção da parte ativa.

A fixação deve ser obtida por meio de parafusos ou tirantes rosqueados, equipados com porca e contraporca ou porca, arruela de pressão e arruela lisa. As arruelas



podem ser substituídas por travamento químico. Os parafusos ou tirantes não devem ser puncionados na rosca.

Os olhais para suspensão da parte ativa devem ser em número de dois ou mais, com diâmetro mínimo de 20 mm e estar localizados na parte superior do núcleo, de modo a manter o conjunto na vertical e a não danificar as chapas de aço silício durante a suspensão. É permitido que o olhal de suspensão seja o mesmo para fixação da parte ativa ao tanque desde que não haja interferência entre as funções.

9.3.7 Estrutura de apoio

A parte inferior do transformador deve ter uma estrutura que assegure uma distância mínima de 10 mm, entre a chapa do fundo e o plano de apoio do transformador.

A estrutura deve consistir em barras de ferro chatas ou quadradas, soldadas à chapa do fundo ou do prolongamento de toda a superfície lateral do tanque desde que não sejam criadas quinas vivas ou cutelos que acarretem o afundamento do transformador, quando transportado sem a embalagem, sobre pisos de madeira.

NOTA:

XXIII. Alternativamente, a estrutura de apoio pode ser o prolongamento das paredes do tanque pode ser utilizado para este objetivo.

9.3.8 Suporte para fixação de para-raios

Os transformadores devem possuir um suporte para fixação de para-raios por fase, soldado ao tanque e equipado com parafuso, porca e arruelas, conforme Desenho 8.

Os suportes sejam montados suficientemente próximos da respectiva bucha média tensão (MT), porém devidamente afastados das partes aterradas (alças de suspensão, radiadores, tampa, presilhas ou de outros acessórios), visando manter as distâncias elétricas necessárias.

NOTA:

XXIV. O suporte deve ser posicionado na área indicada não devendo interferir no processo de içamento do transformador.

Os suportes de fixação de para-raios devem ser fornecidos com parafusos de cabeça abaulada, porcas e arruelas de pressão conforme:

- a) Parafuso de cabeça abaulada, pescoço quadrado M12x1,75 com 40 mm de comprimento, em aço-carbono galvanizado por imersão a quente;
- b) Arruela de pressão, compatível com o parafuso, em aço-carbono galvanizado por imersão a quente;
- c) Porca sextavada, compatível com o parafuso, em aço-carbono galvanizado por imersão a quente.

9.3.9 Soldas

As soldagens realizadas na fabricação do tanque, tampa, radiadores e demais componentes dos transformadores devem ser executadas de forma contínua nos lados interno e/ou externo, garantindo assim a estanqueidade e as características mecânicas necessárias para transporte e operação, em conformidade com as diretrizes estabelecidas pela norma AWS D1.1/D1.1M.

Essas soldagens devem estar livres de porosidade e rachaduras, garantindo uma boa penetração e cobertura nas junções. Além disso, devem ser realizadas por soldadores qualificados e aprovados por entidades oficiais em testes de qualificação, conforme estipulado pela ABNT NBR 14842, AWS B3.0 ou ISO 15614-1, sendo os custos associados a essa qualificação de responsabilidade do fornecedor.

NOTA:

XXV. Quando requerido, certificados de qualificação dos soldadores devem ser disponibilizados para avaliação pela Energisa.

9.4 Buchas isolantes e terminais de ligação



As buchas isolantes e terminais de ligação, primárias e secundárias, devem ser localizadas conforme Desenhos 1 a 2 e devem ser desmontáveis somente pela parte interna do transformador.

Os invólucros isolantes das buchas devem ser confeccionados em porcelana vitrificada ou de material polimérico de alto desempenho, nas cores:

- Marrom, notação Munsell 5,0YR3/3 ou notação RAL 8016; ou
- Cinza-claro, notação Munsell 5BG7/0.4 ou notação RAL 7047.

Os terminais de ligação secundário devem ser fornecidos em quantidade adequada ao tipo de terminal, com:

- Parafuso de cabeça sextavada, tipo M12x1,75 com 40 mm de comprimento, em liga de cobre;
- Porca e arruela de pressão, compatíveis com o parafuso, em liga de cobre;
- Arruela de pressão, compatíveis com os parafusos, devem ser de aço inoxidável.

NOTA:

XXVI. Até 01/07/2026, outros tipos de materiais podem ser aceitos pela Energisa, desde que aprovados previamente.

Os terminais de ligação e parafusos sextavados devem suportar, sem avarias na rosca ou ruptura de qualquer parte dos componentes, as torções mínimas indicadas na Tabela 16.

9.4.1 Buchas primárias

As características compatíveis dos invólucros devem estar em conformidade com a ABNT NBR 5435, com níveis de isolamento e distâncias de escoamento em conformidade com a Tabela 14.



Os terminais primários devem ser do tipo grampo com olhal T1 até 160 A e ser dimensionados para condutores com seção transversal de 35 mm² a 95 mm², conforme a ABNT NBR 5435, e confeccionados em liga de cobre ou cobre eletrolítico, condutividade mínima 25 % IACS a 20 °C, e revestido por imersão a quente, com camada mínima em:

- Estanho: 8,0 µm para qualquer amostra e de 12 µm para a média das amostras;
- Prata: 2,0 µm.

Os transformadores monofásicos devem ter o terminal de neutro H2T do enrolamento primário ligado internamente ao tanque.

9.4.2 Buchas secundárias

As características compatíveis dos invólucros devem estar em conformidade com ABNT NBR 16856, com níveis de isolamento e distâncias de escoamento em conformidade com a Tabela 14.

Os terminais de ligação secundários devem ser do tipo bandeira (SPADE), tipo T2 e T3, com 2 ou 4 furos de padrão tipo NEMA, conforme Tabela 19, confeccionados em ligas de cobre ou cobre eletrolítico, condutividade mínima 25 % IACS a 20 °C, e revestido por imersão a quente, com camada mínima em:

- Estanho: 8,0 µm para qualquer amostra e de 12 µm para a média das amostras;
- Prata: 2,0 µm.

NOTA:

XXVII. Nos transformadores monofásicos, não será permitido substituir a bucha X2 por uma barra de aço inoxidável soldada externamente.

9.5 Dispositivo de aterramento

Os transformadores de distribuição devem possuir 1,0 (um) conector apropriado, confeccionado em liga de cobre, com teor de cobre superior à 85 % e teor de zinco



inferior a 6,0 %, com condutividade mínima de 25 % IACS a 20 °C, 20 °C, e revestido em estanho, por imersão a quente, com camada mínima 8,0 µm.

O conector deve possuir dimensões conforme Desenho 6, para ligação de condutores de cobre e/ou alumínio com diâmetro de 3,2 a 10,5 mm (10 a 70 mm²), preso por meio de um parafuso de rosca M12 x 1,75 mm, com arruela autotravante de aço inoxidável, no furo com rosca do suporte para fixação no poste.

A localização do terminal deve ser:

- a) Transformadores monofásicos: Na parte lateral, mais próxima da bucha X1, conforme Desenho 1; ou
- b) Transformadores trifásicos: No suporte superior, na parte lateral mais próxima da bucha X0, conforme Desenho 2.

NOTA:

XXVIII. O conector deve suportar o momento mínimo de torção indicado na Tabela 20 para rosca M12, sem que ocorram avarias na rosca ou ruptura de qualquer parte dos componentes.

9.6 Juntas de vedação

As juntas de vedação dos transformadores de distribuição devem ser em elastômeros tipo:

- Copolímero acrilonitrila butadieno com alto teor de acrilonitrila (NBR) - teor ≥ 37 %;
- Copolímero acrilonitrila butadieno hidrogenado com alto teor de acrilonitrila (HNBR) - teor ≥ 37 %;
- Fluorelastômero (FKM);
- Fluorsilicone (FVQM).

E devem atender os seguintes requisitos mínimos:

- 
- a) Classe térmica: Topo do líquido isolante, conforme Tabela 11, acrescido de 40 °C;
 - b) Densidade: 1,15 g/cm³ a 1,30 g/cm³;
 - c) Dureza Shore A: 65 (± 5,0);
 - d) Tensão de ruptura (mín.):
 - Elastômero nitrílicos e fluorelastômero: 10 MPa;
 - Elastômero fluorsilicone: 2,5 MPa.
 - e) Alongamento (mín.):
 - Elastômero nitrílicos e fluorelastômero: 300 %;
 - Elastômero fluorsilicone: 150 %.

NOTA:

XXIX. Para as juntas com formatos específicos, os processos de fabricação devem ser a estampagem ou a moldagem. Os processos de fabricação contínuos, como a extrusão, somente podem ser empregados em peças maiores, como os cordões ou anéis de vedação das tampas.

9.7 Placa de identificação

O transformador de distribuição deve ser equipado com uma placa de identificação metálica, à prova de intempéries, posicionada de forma visível e fixada ao tanque em um suporte apropriado, mantendo uma distância de 20 mm entre o corpo do transformador e qualquer parte da placa, conforme especificado nos Desenhos 1 a 3. A fixação da placa de identificação deve ser por intermédio de rebites de material resistente à corrosão, em suporte com base que impeça a sua deformação.

A placa de identificação deve ter dimensões e formato A6 (105 mm x 148 mm), conforme ilustrado no Desenho 8, e pode ser fabricada em:

- Aço-inoxidável, com espessura mínima de 0,5 mm.; ou
- Alumínio anodizado, com espessura mínima de 0,8 mm.

A placa de identificação deve conter, no mínimo, as seguintes informações, gravadas de forma legível e indelével:

- a) A expressão: “TRANSFORMADOR MONOFÁSICO” e/ou “TRANSFORMADOR TRIFÁSICO”;
- b) Nome e demais dados do fabricante e local de fabricação;
- c) Número de série de fabricação;
- d) Mês e ano de fabricação (MM/AAAA);
- e) Potência nominal, em quilovolts-ampère (kVA)
- f) Impedância de curto-circuito, em porcentagem (%);
- g) Tensões nominais de média tensão, em quilovolts (kV);
- h) Tensão nominal de baixa tensão, em volt (V);
- i) Diagrama de ligação dos enrolamentos;
- j) Polaridade (subtrativa ou aditiva);
- k) Número da placa de identificação;
- l) Elevação de temperatura óleo/enrolamento, em graus centigrado (°C);
- m) Material dos enrolamentos MT/BT (por exemplo: Al/Cu);
- n) Código de barras 2D (QR-CODE), conforme Tabela 22;
- o) Nível de eficiência (A, B, C ou D);
- p) Tipo do líquido isolante (mineral ou vegetal);

- 
- q) Volume total do líquido isolante do transformador, em litros (l);
 - r) Massa total do transformador, em quilogramas (kg);
 - s) Constar informação: “Produto isento de PCB”.

NOTA:

XXX. Até 31/05/2025, serão aceitos que a placa de identificação possua etiqueta, do tipo autocolante, com código de barras 2D (QR CODE) impresso. A partir de 01/06/2025, o código de barras 2D (QR-CODE) deve ser gravado diretamente na placa de identificação.

9.8 Dispositivo de alívio de pressão (DAP)

O dispositivo deve ser posicionado também de forma a atender às seguintes condições:

- a) Não ficar exposto a danos quando dos processos de içamento, carga e descarga do transformador;
- b) Não interferir no manuseio dos suportes de fixação em poste ou no manuseio dos suportes para fixação de para-raios;
- c) Ser direcionado para o lado das buchas de baixa tensão (BT), para o centro do suporte de fixação no poste.

O transformador de distribuição deve ser equipado com um dispositivo de alívio de pressão interna, com os seguintes requisitos mínimos, conforme a IEEE C57.12.20:

- Pressão de alívio: 69 kPa (0,70 kgf/cm²) ± 20 %;
- Pressão de selamento mínima: 42 kPa (0,42 kgf/cm²);
- Taxa de vazão: 16,5 L/s (35 pés cúbicos por minuto), a 101 kPa (1,01 kgf/cm²) e a 21 °C;

- Taxa de admissão de ar na faixa de 41,4 kPa (0,42 kgf/cm²) a 55,2 kPa (0,56 kgf/cm²) igual a zero;
- Temperatura de operação de -10 °C a + 120 °C (no mínimo, deve atender aos limites de temperatura).

Além disso, o dispositivo deve possuir também as seguintes características:

- Orifício de admissão: 6,4 mm (1/4") - 18 NPT;
- Corpo hexagonal de latão de 16 mm, dimensionado para suportar uma força longitudinal de 45 kgf;
- Disco externo de vedação para impedir, de forma permanente, a entrada de poeira, umidade e insetos. Este deve ser de material não oxidável, com resistência mecânica suficiente para não sofrer deformação por manuseio;
- Anel externo de material não oxidável, com diâmetro interno mínimo de 21 mm, para acionamento manual, dimensionado para suportar uma força mínima de puxamento de 11 kgf, sem deformação;
- Anéis de vedação e gaxetas internas compatíveis com a classe de temperatura do material isolante do transformador;
- Partes externas resistentes à umidade e à corrosão.

O dispositivo de alívio deve estar posicionado na horizontal, na tampa do transformador de distribuição com adaptador, observada a condição de carga máxima de emergência do transformador de 200 % e não pode, em nenhuma hipótese, dar vazão ao óleo expandido.

Para orientação sobre o dispositivo de alívio de pressão, consultar o Desenho 4.

9.9 Fixações externas (ferragens)

As fixações externas confeccionadas em aço-carbono (porcas, arruelas, parafusos e grampos de fixação) devem ser revestidas de zinco por imersão a quente, conforme



a ABNT NBR 6323 ou ASTM A153/A153M ou ISO 1461, e devem estar em conformidade com ABNT NBR 7095.

O zinco deve ser do tipo ZN-5, cuja composição química compatível com ISO 752 ou ASTM B6.

NOTA:

XXXI. É permitida a utilização de processos de proteção anticorrosivos alternativos à zincagem por imersão a quente, mediante aprovação prévia da Energisa. Entretanto não ser admitindo, em hipótese alguma, o processo de galvanização eletrolítica.

O processo de galvanização deve ser realizado após a fabricação, soldagem, perfuração e marcação do material. Alternativamente, as ferragens podem ser fornecidas em aço inoxidável ou latão. Nesse caso, o revestimento de zinco das peças está dispensado.

9.10 Massa do transformador

A massa total do transformador de distribuição não pode ultrapassar:

- a) Transformadores monofásicos: 450 (quatrocentos e cinquenta) quilogramas;
- b) Transformadores trifásicos: 1.500 (um mil e quinhentos) quilogramas.

NOTA:

XXXII. Em equipamento que ultrapasse o valor acima, a Energisa deverá ser comunicada no momento do transporte.

10 PARTE ATIVA

10.1 Núcleo



O núcleo deve ser projetado e construído de modo a permitir o seu reaproveitamento em caso de manutenções, sem a necessidade de empregar máquinas ou ferramentas especiais.

O núcleo deve ser construído de:

- Chapas de aço silício de grão orientado, conforme a IEC 60404-8-7 ou ASTM A876/A876M;
- Metal amorfo, conforme a ASTM A900/A900M e ASTM A901.

As lâminas devem ser presas por uma estrutura apropriada que sirva como meio de centrar e firmar o conjunto núcleo-bobina ao tanque, de tal modo que esse conjunto não tenha movimento em quaisquer direções. Esta estrutura deve propiciar a retirada do conjunto do tanque.

O núcleo e suas ferragens de fixação devem ser aterrados, por meio de um único ponto, à massa do transformador.

Quando aplicável, os tirantes que atravessam as lâminas do núcleo devem ser isolados dessas lâminas e aterrados.

Todas as porcas dos parafusos utilizados na construção do núcleo devem ser providas de travamento mecânico ou químico.

10.2 Enrolamento

Os enrolamentos devem ser construídos em cobre ou alumínio e projetados de forma a obter alto grau de resistência à umidade e suportar, sem danos, os esforços mecânicos, efeitos térmicos e dinâmicos provenientes de correntes de curto-circuito externos, quando o transformador for ensaiado conforme a ABNT NBR 5356-5 ou IEC 60076-5.

NOTA:

XXXIII. Não serão aceitos transformadores com enrolamentos confeccionados a partir de materiais provenientes de reciclagem.



O acabamento das bobinas deve ser liso, uniforme, sem cantos vivos e arestas cortantes.

Os materiais isolantes empregados deverão:

- a) Conter agentes químicos antidegradantes, de maneira a assegurar a não propagação e auto extinção de chama, além da não liberação de gases tóxicos;
- b) Ser compatíveis entre si e não devem afetar nem serem afetados pelo óleo isolante;
- c) Não sofrer deterioração indevida, quando submetidos à temperatura resultante da operação do equipamento em regime contínuo de carga, necessária a uma elevação de temperatura que atinja os limites estabelecidos no item 8.7;
- d) Ser usado papel termo estabilizado neutro sem impregnação ou parcialmente impregnado com epóxi de tal forma a permitir a impregnação do papel com o óleo isolante do transformador.

10.3 Sistema de comutação sem tensão (CST)

O transformador de distribuição deve ter um sistema de comutação sem tensão (CST), conforme ABNT NBR 8667-1 ou IEC 60214-1, com as seguintes características:

- a) Ser projetado operarem imersos em líquido isolante e operação sem tensão;
- b) Ser de classe I e ter isolação adequada ao nível de tensão do transformador de distribuição a ser aplicado;
- c) Ser do tipo linear ou rotativo, com acionamento rotativo, com mudança simultânea nas fases, com comando único de acionamento;
- d) Permitir as condições de carregamento em emergência do transformador de acordo com a ABNT NBR 5356-7 ou IEC 60076-7.



A tampa de proteção do acionamento do comutador deve ter dispositivo antiqueda, ser de aço inoxidável ou alumínio anodizado e resistente às solicitações mecânicas inerentes às operações de retirada e fixação da mesma.

NOTA:

XXXIV. A tampa não pode quebrar ou sofrer danos que impeçam sua correta fixação e proteção do comutador.

As posições do sistema de comutação devem ser marcadas em baixo relevo e pintadas com tinta indelével, em cor contrastante com a do comutador. Deve possuir um sistema de travamento em qualquer posição e a indicação da derivação deve ser visível e com caracteres com altura mínima de 7,0 mm.

No acionamento do comutador, deve ser indicado, de forma indelével, que o comutador deve ser operado somente sem tensão. Adicionalmente, deve ser indicado, próximo ao acionamento do comutador, de forma visível e indelével, os dizeres “OPERAR SEM TENSÃO”, com as letras pintadas na cor vermelha, notação Munsell 5 R 4/14.

Os componentes metálicos do comutador de derivações como cupilhas e pinos devem ser de aço inoxidável ou material não ferroso.

O acionamento do comutador deve ser instalado na lateral do transformador de distribuição, em local que seja possível ter acesso após a montagem em poste e que não influa nas características elétricas do transformador.

NOTA:

XXXV. Não sendo aceitos acionamento do comutador na instalados na tampa do transformador.

O sistema de comutação sem tensão deve possuir as seguintes características elétricas:

- Corrente nominal: 40 amperes (A);

- Corrente mínima de curto-circuito por 2,0 segundos: $20 \times I_{nom.}$;
- Tensão de operação e nível de isolamento: idênticas ao do transformador no qual está instalado.

11 PINTURA E MARCAÇÕES

11.1 Condições gerais

O esquema de pintura das superfícies metálicas do transformador de distribuição deve seguir os procedimentos abaixo:

- a) A pintura deve ser aplicada somente após a preparação da superfície, devendo ser utilizado o método de esguicho (“flooding”);
- b) A medida de espessura da película seca não deve contemplar a rugosidade da chapa, isto é, a espessura deve ser medida acima dos picos;
- c) O desengraxe das superfícies deve ser realizado com o uso de solventes, conforme SSPC-SP 1.

NOTAS:

- XXXVI. O fabricante pode apresentar, como alternativa, outro processo de pintura, desde que este, tenha garantia mínima de 10 (dez) anos contra corrosão em ambiente tipo “industrial”, com nível de poluição “pesado”, conforme ABNT IEC TS 60815-1 ou IEC TS 60815-1. Para isso, deve também detalhar na proposta os materiais utilizados, processos, ensaios, normas e o tempo de garantia;
- XXXVII. Alternativamente, as tintas mencionadas podem ser substituídas por processo de pintura eletrostático.

11.2 Acabamento interno

No acabamento interno do tanque do transformador de distribuição, devem ser observados os seguintes requisitos:

- 
- a) As impurezas devem ser totalmente removidas por processo adequado, imediatamente após a fabricação do tanque;
 - b) Deve ser aplicada base antiferruginosa, na cor branca, notação Munsell N9,5 ou notação RAL 9010, que não afete nem seja afetada pelo líquido isolante;
 - c) Espessura seca total mínima de 30 µm.

Os transformadores de distribuição devem ter um traço demarcatório indelével indicando o nível do líquido isolante a 25 °C, pintado em cor contrastante com o acabamento interno do tanque, do mesmo lado do suporte para fixação no poste, de maneira que seja bem visível, retirando-se a tampa do tanque.

11.3 Acabamento externo

No acabamento externo dos transformadores de distribuição devem ser observados os seguintes requisitos:

- a) Logo após a fabricação do tanque, as impurezas devem ser removidas por:
 - Processo químico, conforme ABNT NBR 15158 ou ISO 8501-4; e/ou
 - Jateamento abrasivo seco ao metal, padrão visual Sa 2.1/2, conforme ABNT NBR 7348 ou ISO 8501-1.
- b) Antes do início de qualquer processo de oxidação, deve ser aplicada tinta de fundo, tipo primer epóxi, rico em zinco, com espessura mínima de 60 µm;
- c) Em seguida, aplica-se uma de base antiferruginosa, tipo epóxi de ferro micáceo, com espessura mínima de 60 µm;
- d) Por fim, de tinta de poliuretano acrílico alifático, com espessura seca (demão) de 45 µm, nas cores:
 - Óleo mineral isolante (OMI): Cinza-claro, notação Munsell N6.5 ou notação RAL 7035;

- Óleo vegetal isolante (OVI): verde-claro, notação Munsell 5G8/4 (ref.: Petrobrás: verde pastel 3582) ou RAL 6019;

e) Espessura seca total mínima de 210 μm .

11.4 Marcações e simbologia do transformador

Todas as marcações devem ser realizadas utilizando tinta na cor preta, notação Munsell N1 ou RAL 9005, e os caracteres devem ter uma altura não inferior a 35 mm, conforme especificado no Desenho 18, e nas posições indicadas, conforme Desenhos 10 a 13.

Os terminais dos enrolamentos e respectivas ligações devem ser claramente identificados por meio de marcação constituída por letras e algarismos, as quais devem ser fielmente reproduzidas no diagrama de ligações:

- a) Terminais primários: Deve ser reservada a letra “H”, acompanhadas por números 1, 2 e 3;
- b) Terminais secundários: Deve ser reservada a letra “X”, acompanhadas por:
 - Monofásico: números 1 e 3;
 - Trifásico: números 1, 2 e 3.
- c) Terminal de neutro: Deve ser reservada a letra “X”, acompanhada por:
 - Monofásico: número 2;
 - Trifásico: número “0” (zero).

11.4.1 Tampa do tanque

As marcações devem conter:

- a) Terminais externos primários (MT):
 - Monofásico: H1;

- Trifásico: H1, H2 e H3.

b) Potência do transformador, em kVA;

c) Número do patrimônio.

11.4.2 Fundo do tanque

As marcações devem conter:

a) Potência do transformador, em kVA;

b) Marca Energisa.

11.4.3 Parte frontal do tanque dos transformadores

As marcações devem conter:

a) Terminais externos secundário (BT):

- Monofásico 2 buchas: X1 e X2;
- Monofásico 3 buchas: X1, X2 e X3;
- Trifásico: X0, X1, X2 e X3;

b) Dizeres “OPERAR SEM TENSÃO”, próximo ao comutador, conforme especificado no item 10.3;

c) Garantia do transformador.

NOTA:

XXXVIII. Na alínea 11.4.3-b), poderá ser de dimensões inferiores à 35 mm, contundo deve ser superior à 10 mm, na cor vermelha, notação Munsell 5R4/14 ou RAL 3020.

11.4.4 Parte traseira e/ou lateral do tanque dos transformadores



As marcações devem conter:

- a) Potência do transformador, em kVA;
- b) Número do patrimônio;
- c) Elo fusível, conforme definição da Tabela 17;
- d) Marca Energisa.

11.4.5 Simbologia

Os transformadores de distribuição devem ter simbologia, pintados na parte lateral, com tinta cor azul, notação Munsell 2,5PB4/10 ou notação RAL 5007, representadas por:

- a) As letras “AL” dentro de um círculo, para transformador com enrolamento de alumínio, conforme Desenho 13;
- b) As letras “AM” dentro de um círculo, para transformador com núcleo em metal amorfo, conforme Desenho 14;
- c) As letras “V” dentro de um círculo, para transformador com óleo isolante vegetal, conforme Desenho 15.

12 INSPEÇÃO E ENSAIOS

12.1 Generalidades

- a) Os materiais devem ser submetidos à inspeção e ensaios em fábrica, conforme a esta Especificação Técnica e com as normas nacionais e internacionais aplicáveis, na presença de inspetores credenciados pela Energisa. O fornecedor deve comunicar à Energisa as datas em que os lotes estarão prontos para inspeção final, completos com todos os acessórios, com antecedência mínima de:
 - 30 (trinta) dias para fornecedor nacional; e

- 
- 60 (sessenta) dias para fornecedor internacional.
- b) A Energisa reserva-se ao direito de inspecionar e testar os materiais durante o período de fabricação, antes do embarque ou a qualquer momento que julgar necessário. O fabricante deve proporcionar livre acesso do inspetor aos laboratórios e às instalações onde os materiais estiverem sendo fabricados, fornecendo as informações solicitadas e realizando os ensaios necessários. O inspetor pode exigir certificados de procedência de matérias-primas e componentes, além de fichas e relatórios internos de controle.
- c) O fornecedor deve apresentar seu Plano de Inspeção e Testes (PIT) para aprovação da Energisa. O PIT deve indicar os requisitos de controle de qualidade para matérias-primas, componentes e acessórios de fornecimento de terceiros, assim como as normas técnicas empregadas na fabricação e inspeção dos equipamentos, além de uma descrição sucinta dos ensaios (constantes, métodos e instrumentos empregados e os valores esperados).
- d) O fornecedor deve apresentar juntamente com o pedido de inspeção a sequência de ensaios finais em fábrica, e o respectivo cronograma dia a dia dos ensaios.
- e) Os certificados de ensaio de tipo, previstos no item 12.2.1, para materiais de características similares aos especificados, podem ser aceitos se realizados em laboratórios oficialmente reconhecidos, com validade máxima de 5 (cinco) anos, e se a Energisa considerar que tais dados comprovam que os materiais propostos atendem ao especificado. Os dados de ensaios devem ser completos, com todas as informações necessárias, indicando claramente as datas de execução. A decisão final quanto à aceitação dos dados de ensaios de tipos existentes será tomada posteriormente pela Energisa, em função da análise dos respectivos relatórios. A eventual dispensa destes ensaios só será válida por escrito.

- 
- f) O fabricante deve dispor de pessoal e equipamentos necessários à execução dos ensaios. Em caso de contratação, a aprovação prévia pela Energisa é necessária.
- g) O fabricante deve assegurar ao inspetor da Energisa o direito de familiarizar-se, em detalhes, com as instalações e equipamentos, estudar todas as instruções e desenhos, verificar calibrações, presenciar ensaios, conferir resultados e, em caso de dúvida, efetuar novas inspeções e exigir a repetição de qualquer ensaio.
- h) Todos os instrumentos e aparelhos de medição, máquinas de ensaios etc., devem ter certificado de aferição emitido por instituições acreditadas pelo INMETRO ou órgão internacional compatível, válidos por um período de 24 (vinte e quatro) meses. Na ocasião da inspeção, devem estar dentro deste período, podendo acarretar desqualificação do laboratório o não cumprimento dessa exigência.
- i) O fabricante deve disponibilizar para o inspetor da Energisa todas as normas técnicas, nacionais e internacionais, em sua versão vigente, que serão utilizadas nos ensaios.
- j) A aceitação dos materiais e/ou a dispensa de execução de qualquer ensaio:
- Não exime o fabricante da responsabilidade de fornecê-lo conforme a os requisitos desta Especificação Técnica;
 - Não invalida qualquer reclamação posterior da Energisa sobre a qualidade do material e/ou da fabricação. Em tais casos, os materiais podem ser inspecionados e submetidos a ensaios, com prévia notificação ao fabricante e, eventualmente, em sua presença. Em caso de discrepância em relação às exigências desta Especificação Técnica, eles podem ser rejeitados e sua reposição será por conta do fabricante.
- k) Após a inspeção dos materiais/equipamentos, o fabricante deve encaminhar à Energisa, por meio digital, um relatório completo dos ensaios efetuados,



devidamente assinado por ele e pelo inspetor credenciado pela Energisa. Esse relatório deve conter todas as informações necessárias para o seu completo entendimento, conforme descrito no item 12.4.

- l) Todas as unidades de produto rejeitadas, pertencentes a um lote aceito, devem ser substituídas por unidades novas e perfeitas, por conta do fabricante, sem ônus para a Energisa.
- m) Nenhuma modificação nos materiais deve ser feita “a posteriori” pelo fabricante sem a aprovação da Energisa. No caso de alguma alteração, o fabricante deve realizar todos os ensaios de tipo, na presença do inspetor da Energisa, sem qualquer custo adicional.
- n) Para efeito de inspeção, os materiais devem ser divididos em lotes, devendo os ensaios serem feitos na presença do inspetor credenciado pela Energisa.
- o) O custo dos ensaios deve ser por conta do fabricante.
- p) A Energisa reserva-se o direito de exigir a repetição de ensaios em equipamentos já aprovados. Neste caso, as despesas serão de responsabilidade da Energisa se as unidades ensaiadas forem aprovadas na segunda inspeção; caso contrário, correrão por conta do fabricante.
- q) A Energisa poderá, em qualquer ocasião, solicitar a execução dos ensaios de tipo para verificar se os materiais estão mantendo as características de projeto preestabelecidas por ocasião da aprovação dos protótipos.
- r) Os custos da visita do inspetor da Energisa, tais como locomoção, hospedagem, alimentação, homem-hora e administrativos, correrão por conta do fabricante se:
 - Na data indicada na solicitação de inspeção, os materiais não estiverem prontos;
 - O laboratório de ensaio não atender às exigências citadas nas alíneas f) a h);

- O material fornecido necessitar de acompanhamento de fabricação ou inspeção final em subfornecedor, contratado pelo fornecedor, em localidade diferente da sua sede;
- O material necessitar de reinspeção por motivo de recusa.

NOTA:

XXXIX. Os fabricantes estrangeiros devem providenciar intérpretes da língua portuguesa do Brasil para se comunicarem com os representantes da Energisa durante as inspeções, em qualquer época e no local designado.

12.2 Relação de ensaios

Todos os ensaios relacionados estão constando na Tabela 20.

12.2.1 Ensaios de tipo (T)

Os ensaios de tipo (T) são constituídos dos ensaios relacionados abaixo:

- a) Ensaio de resistência dos enrolamentos, conforme item 12.3.3;
- b) Ensaio de resistência de isolamento, conforme item 12.3.4;
- c) Ensaio de relação de transformação, conforme item 12.3.5;
- d) Ensaio de polaridade, conforme item 12.3.6;
- e) Ensaio de deslocamento angular e sequência de fases, conforme item 12.3.7;
- f) Ensaio de impedância de curto-circuito, conforme item 12.3.8;
- g) Ensaio de perdas em carga e perdas em vazio, conforme item 12.3.9;
- h) Ensaio de corrente de excitação, conforme item 12.3.10;
- i) Ensaio de tensão suportável à frequência industrial, conforme item 12.3.11;
- j) Ensaio de tensão induzida de curta duração, conforme item 12.3.12;

- 
- k) Ensaio de impulso atmosférico, conforme item 12.3.13;
- l) Ensaio de tensão de rádio interferência, conforme item 12.3.14;
- m) Ensaio de elevação de temperatura, conforme item 12.3.15;
- n) Ensaio de nível de ruído, conforme item 12.3.16;
- o) Ensaio de verificação da resistência mecânica do (s) suporte (s) para fixação do transformador, conforme item 12.3.17;
- p) Ensaaios para verificação da pintura do tanque, conforme item 12.3.18:
- Ensaio de brilho;
 - Ensaio de impermeabilidade;
 - Ensaio de névoa salina;
 - Ensaio de resistência ao óleo isolante;
 - Ensaio de resistência atmosférica úmida saturada na presença de SO₂;
 - Resistencia marítima;
 - Ensaio de umidade.
- q) Ensaio físico-químico do óleo:
- Óleo mineral isolante (OMI): ETU-189.1;
 - Óleo vegetal isolante (OVI): ETU-189.2.
- r) Ensaaios do comutador sem tensão (CST), conforme item 12.3.20:
- Ensaio de elevação de temperatura dos contatos;
 - Ensaio de corrente de curto-circuito;
 - Ensaaios mecânicos;

- Ensaio de tensão suportável à frequência industrial;
 - Ensaio de impulso atmosférico;
 - Intemperismo artificial;
 - Determinação das propriedades de impacto Charpy.
- s) Ensaio do dispositivo de alívio de pressão (DAP), conforme item 12.3.21:
- Ensaio do dispositivo de alívio de pressão (DAP);
 - Ensaio de resistência ao vácuo;
 - Ensaio de fechamento do dispositivo de alívio de pressão.

12.2.2 Ensaios de recebimento (RE)

São ensaios de recebimento (RE) são constituídos dos ensaios relacionados abaixo:

- a) Inspeção geral, conforme item 12.3.1;
- b) Verificação dimensional, conforme item 12.3.2;
- c) Ensaio de resistência dos enrolamentos, conforme item 12.3.3;
- d) Ensaio de resistência de isolamento, conforme item 12.3.4;
- e) Ensaio de relação de transformação, conforme item 12.3.5;
- f) Ensaio de polaridade, conforme item 12.3.6;
- g) Ensaio de deslocamento angular e sequência de fases, conforme item 12.3.7;
- h) Ensaio de impedância de curto-circuito, conforme item 12.3.8;
- i) Ensaio de perdas em carga e perdas em vazio, conforme item 12.3.9;
- j) Ensaio de corrente de excitação, conforme item 12.3.10;

- 
- k) Ensaio de tensão suportável à frequência industrial, conforme item 12.3.11;
 - l) Ensaio de tensão induzida de curta duração, conforme item 12.3.12;
 - m) Ensaios para verificação da pintura do tanque, conforme item 12.3.18:
 - Ensaio de aderência;
 - Ensaio de espessura.
 - n) Ensaio físico-químico do óleo, conforme item 12.3.19;
 - o) Ensaios do comutador sem tensão (CST), conforme item 12.3.20:
 - Ensaios mecânicos de recebimento;
 - Ensaio de sequência de operações.
 - p) Ensaio do dispositivo de alívio de pressão (DAP), conforme item 12.3.21:
 - Verificação da pressão de atuação;
 - Ensaio de estanqueidade e resistência à pressão.
 - q) Ensaio de estanqueidade e resistência à pressão a frio, conforme item 12.3.22;
 - r) Ensaio de verificação do equilíbrio de tensões, conforme item 12.3.23;
 - s) Ensaio das juntas de vedação, conforme item 12.3.24;
 - t) Ensaio de verificação do revestimento de zinco, conforme item 12.3.25;
 - u) Ensaio de medição da espessura do revestimento do terminal de ligação, conforme item 12.3.26;
 - v) Ensaio de torque dos parafusos dos terminais, conforme item 12.3.27.

12.2.3 Ensaio especiais (E)

São ensaios especiais (E) são constituídos dos ensaios relacionados abaixo:

- 
- a) Ensaio de resistência dos enrolamentos, conforme item 12.3.3;
 - b) Ensaio de resistência de isolamento, conforme item 12.3.4;
 - c) Ensaio de relação de transformação, conforme item 12.3.5;
 - d) Ensaio de polaridade, conforme item 12.3.6;
 - e) Ensaio de deslocamento angular e sequência de fases, conforme item 12.3.7;
 - f) Ensaio de impedância de curto-circuito, conforme item 12.3.8;
 - g) Ensaio de perdas em carga e perdas em vazio, conforme item 12.3.9;
 - h) Ensaio de corrente de excitação, conforme item 12.3.10;
 - i) Ensaio de tensão suportável à frequência industrial, conforme item 12.3.11;
 - j) Ensaio de tensão induzida de curta duração, conforme item 12.3.12;
 - k) Ensaio de impulso atmosférico, conforme item 12.3.13;
 - l) Ensaio de tensão de rádio interferência, conforme item 12.3.14;
 - m) Ensaio de elevação de temperatura, conforme item 12.3.15;
 - n) Ensaio de nível de ruído, conforme item 12.3.16;
 - o) Ensaio de verificação da resistência mecânica do (s) suporte (s) para fixação do transformador, conforme item 12.3.17;
 - p) Ensaio físico-químico do óleo, conforme item 12.3.19;
 - q) Ensaio do comutador sem tensão (CST), conforme item 12.3.20;
 - r) Ensaio do dispositivo de alívio de pressão (DAP), conforme item 12.3.21;
 - s) Ensaio de estanqueidade e resistência à pressão a frio, conforme item 12.3.22;
 - t) Ensaio de verificação do equilíbrio de tensões, conforme item 12.3.23;

- 
- u) Ensaio de medição da impedância de sequência zero, conforme item 12.3.28;
 - v) Ensaio de suportabilidade a impulso atmosférico de baixa-tensão (BT), conforme item 12.3.29;
 - w) Ensaio de suportabilidade a curto-circuito, conforme item 12.3.30;
 - x) Ensaio de medição de harmônicas da corrente de excitação, conforme item 12.3.31;
 - y) Ensaio de medição do fator de potência do isolamento ($\tan \delta$) e capacitâncias, conforme item 12.3.32.

12.3 Descrição dos ensaios

12.3.1 Inspeção geral

O inspetor deverá efetuar uma inspeção geral, verificando:

- a) Presença de todos os acessórios e opcionais, conforme Ordem de Compra de Materiais (OCM);
- b) Acondicionamento e identificação das embalagens, conforme item 7.3;
- c) Acabamento, pintura e marcações, conforme item 11 e Anexo 3;
- d) Derivação (TAP) correspondente à tensão primária nominal;
- e) Etiqueta ENCE, conforme item 7.8.1;
- f) Etiqueta de identificação de “Isento de PCB”, conforme item 7.8.2;
- g) Placa de identificação, conforme item 9.7.

Constitui falha, se a amostra apresentar ocorrência de não-conformidade de qualquer um desses requisitos.

12.3.2 Verificação dimensional



O inspetor deverá efetuar inspeções de:

- a) As dimensões do equipamento e seus acessórios requeridos, conforme item 9 e Desenhos 1 a 2;
- b) Dimensões dos acessórios requeridos, conforme:
 - Suporte fixação do transformador ao poste: Desenho 4;
 - Válvula de alívio de pressão: Desenho 5;
 - Dispositivo de aterramento: Desenho 6;
 - Dispositivo de aterramento adicional em X2 (transformador monofásico), Desenho 6;
 - Placa de identificação: Desenho 7;
 - Suporte para fixação de para-raios: Desenho 8.
- c) Verificação dos terminais de ligação, conforme item 9.4;
- d) Verificação da massa dos transformadores para verificação da conformidade com a indicação constante da placa de identificação.

Constitui falha, se a amostra apresentar ocorrência de não conformidade de qualquer um desses requisitos.

NOTA:

XL. É aceitável uma variação máxima de 3,0 % entre a massa encontrada e a indicada na placa de identificação.

12.3.3 Ensaio de resistência dos enrolamentos

O ensaio deve ser executado conforme os procedimentos da ABNT NBR 5356-1 ou IEC 60076-1.



Este ensaio não tem valores reprobatórios, servindo de referência para o ensaio de elevação de temperatura do transformador.

12.3.4 Ensaio de resistência de isolamento

O ensaio deve ser executado conforme os procedimentos da ABNT NBR 5356-1 ou IEC 60076-1.

Este ensaio serve para avaliação preliminar na execução de ensaios dielétricos.

12.3.5 Ensaio de relação de transformação

O ensaio deve ser executado conforme os procedimentos da ABNT NBR 5356-1 ou IEC 60076-1.

Constitui falha, se a amostra apresentar valores medidos relação de transformação que não satisfaçam as tensões primárias e secundárias especificadas nas Tabelas 1 a 4.

12.3.6 Ensaio de polaridade

Este ensaio é aplicado exclusivamente aos transformadores de distribuição monofásicos.

O ensaio deve ser executado conforme os procedimentos da ABNT NBR 5356-1 ou IEC 60076-1.

Constitui falha, se a amostra apresentar ocorrência de polaridade diferente de subtrativa.

12.3.7 Ensaio de deslocamento angular e sequência de fases

Este ensaio é aplicado exclusivamente aos transformadores de distribuição trifásicos.

O ensaio deve ser executado conforme os procedimentos da ABNT NBR 5356-1 ou IEC 60076-1.

Constitui falha, se a amostra apresentar ocorrência de:

- Deslocamento angular: diferente de 30°; e
- Sequência de fases: diferentes das marcações indicadas no transformador.

12.3.8 Ensaio de impedância de curto-circuito

O ensaio deve ser executado conforme os procedimentos da ABNT NBR 5356-1 ou IEC 60076-1.

Constitui falha, se a amostra apresentar valores medidos superiores aos valores especificados pelas Tabela 8 e 9.

12.3.9 Ensaio de perdas

12.3.9.1 Em carga

O ensaio deve ser executado conforme os procedimentos da ABNT NBR 5356-1 ou IEC 60076-1.

Constitui falha, se a amostra apresentar valores medidos superiores aos valores especificados pelas Tabela 8 e 9.

12.3.9.2 Em vazio

O ensaio deve ser executado conforme os procedimentos da ABNT NBR 5356-1 ou IEC 60076-1.

Constitui falha, se a amostra apresentar valores medidos superiores aos valores especificados pelas Tabela 8 e 9.

12.3.10 Ensaio de corrente de excitação

O ensaio deve ser executado conforme os procedimentos da ABNT NBR 5356-1 ou IEC 60076-1.

Constitui falha, se a amostra apresentar valores medidos superiores aos valores especificados pelas Tabela 8 e 9.

12.3.11 Ensaio de tensão suportável à frequência industrial

O ensaio deve ser executado conforme os procedimentos da ABNT NBR IEC 60060-1 ou IEC 60060-1, e estar em conformidade com a ABNT NBR 5356-3 ou IEC 60076-3.

Constitui falha, se a amostra apresentar ocorrência de descarga disruptiva ou qualquer dano a algum componente do transformador.

12.3.12 Ensaio de tensão induzida de curta duração

O ensaio deve ser executado conforme os procedimentos da ABNT NBR IEC 60060-1 ou IEC 60060-1, e estar em conformidade com a ABNT NBR 5356-3 ou IEC 60076-3.

Constitui falha, se a amostra apresentar ocorrência de colapso da tensão de ensaio.

12.3.13 Ensaio de impulso atmosférico

O ensaio deve ser executado conforme os procedimentos da ABNT NBR IEC 60060-1 ou IEC 60060-1, e estar em conformidade com a ABNT NBR 5356-3 ou IEC 60076-3.

Constitui falha, se a amostra apresentar diferenças significativas entre os transitórios de corrente e tensão registrados com impulso de valor reduzido e aqueles registrados com impulso pleno constitui evidência de que o isolamento suportou o ensaio.

12.3.14 Ensaio de tensão de rádio interferência (TRI)

O ensaio deve ser executado conforme os procedimentos da CISPR TR 18-2 ou ABNT NBR 15121 ou IEC 60437, com a tensão máxima de 1,1 vezes o valor da tensão da maior derivação entre terminais de média tensão (MT) acessíveis.

Constitui falha, se a amostra apresentar valores medidos de tensão de rádio interferência superiores aos valores estabelecidos no item 8.11.

12.3.15 Ensaio de elevação de temperatura

O ensaio deve ser executado conforme os procedimentos da ABNT NBR 5356-2 ou IEC 60076-2.



Constitui falha, se a amostra apresentar valores medidos de elevações de temperatura superiores aos limites especificados no item 8.7.

NOTA:

XLI. Os limites de elevação de temperatura são válidos para todas as derivações.

12.3.16 Ensaio de nível de ruído

O ensaio deve ser executado conforme os procedimentos da ABNT NBR 7277 ou IEC 60076-10.

Constitui falha, se a amostra apresentar valores medidos de níveis de ruído superiores aos valores estabelecidos no item 8.13.

12.3.17 Ensaio de verificação da resistência mecânica do (s) suporte (s) para fixação do transformador

O ensaio deve ser executado conforme os procedimentos da ABNT NBR 5440.

Constitui falha, se a amostra apresentar ocorrência de:

- Deslocamento residual maior que 2,0 milímetros no sentido de aplicação da carga;
- Trincas ou ruptura no (s) suporte (s) de fixação do transformador.

12.3.18 Ensaios para verificação da pintura do tanque

12.3.18.1 Ensaio de aderência

O ensaio deve ser executado conforme os procedimentos da ABNT NBR 11003 ou ISO 2409 ou ASTM D3359.

Constitui falha se a amostra não apresentar no mínimo, o grau de aderência:

- Método A: X_1Y_1 ; ou

- Método B: Gr₁.

12.3.18.2 Ensaio de brilho

Este ensaio é exclusivo para pintura da parte externa do transformador.

O ensaio deve ser executado conforme os procedimentos da ASTM D523.

Constitui falha, se a amostra apresentar valores medidos de brilho de inferior a 55 ou superior a 65.

12.3.18.3 Ensaio de espessura

O ensaio deve ser executado conforme os procedimentos da ABNT NBR 10443 ou ISO 19840 ou ASTM D7091.

Constitui falha, se a amostra apresentar valores medidos de espessura inferiores aos especificados nos itens 11.2 e 11.3.

12.3.18.4 Ensaio de impermeabilidade

O ensaio deve ser executado conforme os procedimentos da ASTM D870, e em conformidade com a ABNT NBR 5440.

Constitui falha, se a amostra apresentar ocorrência de:

- Bolhas, enchimentos, absorção de água;
- Manchas e/ou corrosão.

12.3.18.5 Ensaio de névoa salina

Este ensaio é exclusivo para pintura da parte externa do transformador.

O ensaio deve ser executado conforme os procedimentos da ABNT NBR 17088 ou ASTM B117 ou ISO 9227, e em conformidade com a ABNT NBR 5440.

Constitui falha, se a amostra apresentar ocorrência de:

- Empolamento ou defeitos similares;
- Penetração superior a 4,0 mm.

12.3.18.6 Ensaio de resistência ao líquido isolante

Este ensaio é exclusivo para pintura da parte interna do transformador.

O ensaio deve ser executado conforme os procedimentos da ABNT NBR 5440.

Constitui falha, se a amostra apresentar ocorrência de alterações das características da pintura, machas na pintura, empolamentos ou defeitos similares.

12.3.18.7 Ensaio de resistência atmosférica úmida saturada na presença de SO₂

Este ensaio é exclusivo para pintura da parte externa do transformador.

O ensaio deve ser executado conforme os procedimentos da ABNT NBR 5440.

Constitui falha, se a amostra apresentar ocorrência de apresentar bolhas, enchimentos, absorção de água, carregamento e não pode apresentar manchas e corrosão.

12.3.18.8 Ensaio de umidade

O ensaio deve ser executado conforme os procedimentos da ASTM D1735, e em conformidade com a ABNT NBR 5440.

Constitui falha, se a amostra apresentar ocorrência de empolamentos ou defeitos similares.

12.3.19 Ensaio físico-químico do líquido isolante

12.3.19.1 Ensaio de aspecto visual

O ensaio deve ser executado conforme os procedimentos da ABNT NBR 14483 ou ASTM D1500.

Constitui falha, se a amostra apresentar ocorrência de:

- Aspecto escuro, turvo e não isento de pureza;
- Valores medidos superiores à 1,0.

12.3.19.2 Ensaio de fator de perdas dielétricas ou fator de dissipação

O ensaio deve ser executado conforme os procedimentos da ABNT NBR 12133 ou ASTM D924 ou IEC 60247, com temperaturas de 25° C e 100 °C.

Constitui falha, se a amostra apresentar valores medidos de fator de perdas dielétricas superiores a:

a) Óleo mineral isolante (OMI):

- 25 °C: 0,05 %;
- 100 °C: 0,90 %.

b) Óleo vegetal isolante (OVI):

- 25 °C: 0,5 %;
- 100 °C: 8,0 %.

12.3.19.3 Ensaio de índice de neutralização (IAT)

O ensaio deve ser executado conforme os procedimentos da ABNT NBR 14248 ou ASTM D974 ou ISO 6618.

Constitui falha, se a amostra apresentar valores medidos de índice de neutralização superiores a:

a) Óleo mineral isolante (OMI): 0,03 mgKOH/g;

b) Óleo vegetal isolante (OVI): 0,06 mgKOH/g.

12.3.19.4 Ensaio de rigidez dielétrica por eletrodo de disco



O ensaio deve ser executado conforme os procedimentos da ABNT NBR 6869 ou ASTM D877/D877M.

Constitui falha, se a amostra apresentar valores medidos de rigidez dielétrica inferiores a 30 kV.

NOTA:

XLII. Alternativamente, podem ser executado o ensaio de rigidez dielétrica por eletrodo de calota, conforme ABNT NBR IEC 60156 ou IEC 60156, com resultados igual ou superior a 42 kV.

12.3.19.5 Ensaio de teor de água

O ensaio deve ser executado conforme os procedimentos da ABNT NBR 10710 (método B) ou ASTM D1533 ou ISO 12937.

Constitui falha, se a amostra apresentar valores medidos de teor de água superiores a:

- Óleo mineral isolante (OMI): 25 mg/kg;
- Óleo vegetal isolante (OVI): 300 mg/kg.

12.3.19.6 Ensaio de teor de bifenilas policloradas (PCB)

O ensaio deve ser executado conforme os procedimentos da ABNT NBR 13882 ou ASTM D4059 ou IEC 61619.

Constitui falha, se a amostra apresentar valores medidos de teor de PCB superiores a 2,0 mg/kg.

12.3.19.7 Ensaio de tensão interfacial

Este ensaio é aplicável exclusivamente para óleo mineral isolante (OMI).

O ensaio deve ser executado conforme os procedimentos da ABNT NBR 6234 ou IEC 62961 ou ASTM D971.



Constitui falha, se a amostra apresentar valores medidos de tensão interfacial inferiores a 40 mN/m.

12.3.19.8 Ensaio de ponto de combustão

Este ensaio é aplicável exclusivamente para óleo vegetal isolante (OVI).

O ensaio deve ser executado conforme os procedimentos da ABNT NBR 11341 ou ASTM D92 ou ISO 2592.

Constitui falha, se a amostra apresentar valores medidos de ponto de combustão inferiores a 300 °C.

12.3.20 Ensaios do comutador sem tensão (CST)

Para o ensaio de recebimento, será aceito relatório de ensaio emitidos pelo (s) subfornecedor (es), com prazo máximo de 12 (doze) meses, desde que comprovada no documento a rastreabilidade do lote.

12.3.20.1 Ensaio de elevação de temperatura dos contatos

O ensaio deve ser executado conforme os procedimentos da ABNT NBR 8667-1 ou IEC 60214-1.

Constitui falha, se a amostra apresentar limites de elevação de temperatura dos contatos para comutador de derivações desenergizado forem superiores a 20 °C.

12.3.20.2 Ensaio de corrente de curto-circuito

O ensaio deve ser executado conforme os procedimentos da ABNT NBR 8667-1 ou IEC 60214-1.

Constitui falha, se a amostra apresentar ocorrência danificação dos contatos, de forma a evitar a continuação da operação correta na máxima corrente passante nominal.

NOTA:

XLIII. Outras partes pelas quais há passagem de corrente não podem mostrar sinais de distorção mecânica permanente.

12.3.20.3 Ensaios mecânicos

O ensaio deve ser executado conforme os procedimentos da ABNT NBR 8667-1 ou IEC 60214-1.

Constitui falha, se a amostra apresentar ocorrência de falha ou desgaste indevido dos contatos ou peças mecânicas que possam levar a uma falha mecânica em operação contínua.

12.3.20.4 Ensaio de tensão suportável à frequência industrial

O ensaio deve ser executado conforme os procedimentos da ABNT NBR 8667-1 ou IEC 60214-1.

Constitui falha, se a amostra apresentar ocorrência de descarga disruptiva ou qualquer dano a componente do comutador.

12.3.20.5 Ensaio de impulso atmosférico

O ensaio deve ser executado conforme os procedimentos da ABNT NBR 8667-1 ou IEC 60214-1.

Constitui falha, se a amostra apresentar ocorrência de descarga disruptiva ou qualquer dano a componente do comutador.

12.3.20.6 Ensaio de intemperismo artificial

O ensaio é aplicável no material da parte externa do comutador, se não for metálico.

O ensaio deve ser executado conforme os procedimentos da ISO 4892-1, com um tempo de exposição de 1.000 horas.

Constitui falha, se a amostra apresentar ocorrência de:

- Trilhamento, erosão, fissuras ou rachaduras após o período de ensaio;

- Perda da resistência mecânica forem serem superiores que 50 %.

12.3.20.7 Ensaio de determinação das propriedades de impacto Charpy

O ensaio é aplicável no material da parte externa do comutador, se não for metálico.

O ensaio deve ser executado conforme os procedimentos da ISO 179-1, com um tempo de exposição de 1.000 horas.

Constitui falha, se a amostra apresentar ocorrência de:

- Trilhamento, erosão, fissuras ou rachaduras após o período de ensaio;
- Perda da resistência mecânica forem serem superiores que 50 %.

12.3.20.8 Ensaios mecânicos de recebimento

O ensaio deve ser executado conforme os procedimentos da ABNT NBR 8667-1 ou IEC 60214-1.

Constitui falha, se a amostra apresentar ocorrência de erro na operação mecânica do comutador.

12.3.20.9 Ensaio de sequência de operações

O ensaio deve ser executado conforme os procedimentos da ABNT NBR 8667-1 ou IEC 60214-1.

Constitui falha, se a amostra apresentar ocorrência de erro na operação mecânica do comutador.

12.3.21 Ensaio do dispositivo de alívio de pressão (DAP)

Serão aceitos relatórios de ensaios emitidos pelos subfornecedores dos materiais base, desde que dentro do prazo máximo de 12 (doze) meses, contados a partir da data de emissão, e que comprovem a rastreabilidade do lote no documento apresentado.

12.3.21.1 Ensaio de resistência ao vácuo

O ensaio deve ser executado conforme os procedimentos da ABNT NBR 5356-1 ou IEC 60076-1.

Constitui falha, se a amostra apresentar ocorrência de:

- Falha ou desgaste indevido das peças mecânicas;
- Reprova no ensaio de verificação de atuação.

12.3.21.2 Ensaio de fechamento do dispositivo de alívio de pressão

O ensaio deve ser definido pelo fabricante do dispositivo de alívio de pressão.

Constitui falha, se a amostra apresentar ocorrência de fechamento do dispositivo de alívio com pressão inferior a 50 % da pressão de abertura.

12.3.21.3 Ensaio de verificação da pressão de atuação

O ensaio deve ser executado conforme os procedimentos da ABNT NBR 16367-2.

Constitui falha, se a amostra apresentar ocorrência erro na atuação com o valor especificado.

NOTA:

XLIV. A tolerância entre o valor especificado e o valor medido, não pode ultrapassar 5,0 kPa.

12.3.21.4 Ensaio de estanqueidade e resistência à pressão

O ensaio deve ser executado conforme os procedimentos da ABNT NBR 16367-2 ou IEC 60076-22-7.

Constitui falha, se a amostra apresentar ocorrência de acionamento com valor de pressão de 15 kPa abaixo da pressão nominal.

12.3.22 Ensaio de estanqueidade e resistência à pressão a frio

O ensaio deve ser executado conforme os procedimentos da ABNT NBR 5356-1 ou IEC 60076-1, e estar em conformidade com a ABNT NBR 5356-3 ou IEC 60076-3.

Constitui falha, se a amostra apresentar valores medidos de vazamento de pressão manométrica inferiores à 0,07 MPa (0,71 kgf/cm²).

12.3.23 Ensaio de verificação do equilíbrio de tensões

Este ensaio aplica-se exclusivamente aos transformadores monofásicos com 3 (três) buchas no secundário.

O ensaio consiste na medição das tensões U_1 e U_3 , com o transformador energizado com uma carga igual a metade da sua potência nominal e com fator de potência igual ou superior a 0,92. A figura 4 representa o esquema com as condições para o ensaio.

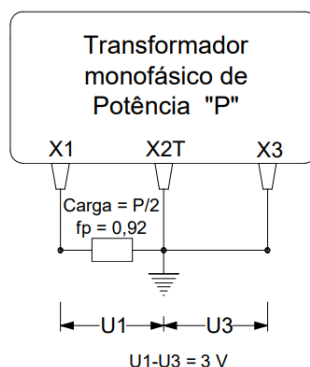


Figura 4 - Esquema do ensaio de verificação do equilíbrio de tensões

Constitui falha, se a amostra apresentar valores medidos nos terminais de baixa tensão (BT) U_1 e U_3 , com diferenças superiores à 3,0 V.

12.3.24 Ensaio das juntas de vedação

Serão aceitos relatórios de ensaios emitidos pelos subfornecedores dos materiais base, desde que dentro do prazo máximo de 6,0 (seis) meses, contados a partir da data de emissão, e que comprovem a rastreabilidade do lote no documento apresentado.

12.3.24.1 Ensaio de identificação do material

O ensaio deve ser executado conforme os procedimentos da ASTM D3677 ou ISO 4650.

Constitui falha, se a amostra apresentar valores medidos de identificação que caracterize o material diferente do estabelecido no item 9.6.

12.3.24.2 Ensaio de densidade

O ensaio deve ser executado conforme os procedimentos da ASTM D297 ou ISO 2781.

Constitui falha, se a amostra apresentar valores medidos de densidade inferiores à 1,15 g/cm³ ou superiores à 1,30 g/cm³.

12.3.24.3 Ensaio de dureza Shore A

O ensaio deve ser executado conforme os procedimentos da ABNT NBR 7318, ASTM D2240 ou ISO 7619-1.

Constitui falha, se a amostra apresentar valores medidos de dureza inferiores à 60 DB ou superiores à 70 DB.

12.3.24.4 Ensaio de cinza

O ensaio deve ser executado conforme os procedimentos da ASTM D297 ou ISO 247-1.

Constitui falha, se a amostra apresentar valores medidos de cinza inferiores à 1,0 % ou superiores à 3,0 %.

12.3.24.5 Ensaio de enxofre livre

O ensaio deve ser executado conforme os procedimentos da ASTM D1619 ou ISO 1408.

Constitui falha, se a amostra apresentar ocorrência de quaisquer valores medidos de enxofre livre.

12.3.24.6 Ensaio de tensão de ruptura



O ensaio deve ser executado conforme os procedimentos da ASTM D412.

Constitui falha, se a amostra apresentar valores medidos de tensão de ruptura inferiores à:

- Elastômero nitrílicos e fluorelastômero: 10 MPa;
- Elastômero fluorsilicone: 2,5 MPa.

12.3.24.7 Ensaio de alongamento

O ensaio deve ser executado conforme os procedimentos da ASTM D412.

Constitui falha, se a amostra apresentar valores medidos de alongamento inferiores à:

- Elastômero nitrílicos e fluorelastômero: 300 %;
- Elastômero fluorsilicone: 150 %.

12.3.24.8 Ensaio de envelhecimento térmico em ar

O ensaio deve ser executado conforme os procedimentos da IEC 60811-401 ou ASTM D573, à temperatura de 125 °C e por período de 70 horas.

Constitui falha, se a amostra apresentar ocorrência de:

- Fissuras ou afloramento;
- Variação de dureza Shore A, superiores a 15 pontos;
- Variação de tensão de ruptura: diferença superior à - 25 %, quando comparado com antes do ensaio;
- Variação de alongamento: diferença superior a - 50 %, quando comparado com antes do ensaio.

12.3.24.9 Ensaio de envelhecimento em líquido isolante



O ensaio deve ser executado conforme os procedimentos da ABNT NBR 11407 ou ISO 1817 ou ASTM D471, à temperatura de 125 °C e por período de 70 horas.

Constitui falha, se a amostra apresentar ocorrência de:

- Fissuras;
- Variação de dureza Shore A, superiores a $\pm 5,0$ pontos;
- Variação de tensão de ruptura: diferença superior à - 15 %, quando comparado com antes do ensaio;
- Variação de alongamento: diferença superior a - 30 %, quando comparado com antes do ensaio.

12.3.24.10 Ensaio de deformação permanente a compressão

O ensaio deve ser executado conforme os procedimentos da ASTM D395 ou ISO 815-1, com compressão de 30 %, temperatura de 100 °C e por período de 22 horas.

Constitui falha, se a amostra apresentar ocorrência de:

- Fissuras;
- Variação de deformação superiores à:
 - Elastômero nitrílicos e fluorelastômero: 22 %;
 - Elastômero fluorsilicone: 35 %.

12.3.24.11 Ensaio de relaxação de relaxamento de tensão por compressão

O ensaio deve ser executado conforme os procedimentos da ASTM D6147, por período de 168 horas a:

- Ar: 100 °C;

- Fluido isolante: 60 °C (no com 25 % de compressão).

Constitui falha, se a amostra apresentar ocorrência de variação superior à:

- Ar: 20 %;
- Fluido isolante: 15 %.

12.3.24.12 Ensaio de resistência ao ozônio

Ensaio exclusivo para elastômeros de uso externo, em contato com o ar, ou de uso combinado, em contato com o ar e líquido isolante.

O ensaio deve ser executado conforme os procedimentos da ASTM D1171 ou ISO 1431-1, à temperatura de 25 °C, 50 pphm de ozônio e por período de 70 horas.

Constitui falha, se a amostra apresentar ocorrência de trincas ou fissuras.

12.3.24.13 Ensaio de compatibilidade das juntas de vedação com líquido isolante

O ensaio deve ser executado conforme procedimentos da:

- Óleo mineral isolante (OMI): ABNT NBR 14274 ou ASTM D3455;
- Óleo vegetal isolante (OVI): ABNT NBR 16431 ou ASTM D6871.

Constitui falha, se a amostra apresentar não-conformidade com os requisitos estabelecidos pela:

- Óleo mineral isolante (OMI): ABNT NBR 14274 ou ASTM D3455;
- Óleo vegetal isolante (OVI): ABNT NBR 16431 ou ASTM D6871.

12.3.25 Ensaio de medição da camada de revestimento de zinco



Serão aceitos relatórios de ensaios emitidos pelos subfornecedores dos materiais base, com prazo máximo de 12 (doze) meses, desde que comprovada no documento a rastreabilidade do lote.

12.3.25.1 Ensaio de massa por unidade de área

O ensaio deve ser executado conforme os procedimentos da ABNT NBR 7397 ou ASTM A90/A90M.

Constitui falha, se a amostra apresentar valores medidos de massa por unidade de área em desconformidade com o item 9.9.

12.3.25.2 Ensaio de aderência da camada

O ensaio deve ser executado conforme os procedimentos da ABNT NBR 7398 ou ASTM B571.

Constitui falha, se a amostra apresentar ocorrência de escamação ou deslocamento da camada de revestimento.

NOTA:

XLV. As perdas ou desprendimentos, durante o ensaio de enrolamento, de pequenas partículas de zinco na superfície, provenientes do polimento mecânico da superfície dos fios galvanizados não podem ser considerados causa de rejeição.

12.3.25.3 Ensaio de espessura da camada

O ensaio deve ser executado conforme os procedimentos da ABNT NBR 7399 ou ASTM E376.

Constitui falha, se a amostra apresentar valores medidos inferiores de espessura da camada inferiores aos estabelecidos no item 9.9.

12.3.25.4 Ensaio de uniformidade da camada



O ensaio deve ser executado conforme os procedimentos da ABNT NBR 7400 ou ASTM A239.

Constitui falha, se a amostra apresentar ocorrência de aparecimento do depósito de cobre aderente e brilhante no metal-base, com número de imersões inferiores aos estabelecidos na ABNT NBR 6323 ou ASTM A153/A153M ou ISO 1461.

12.3.26 Ensaio de medição da espessura do revestimento do terminal de ligação

Serão aceitos relatórios de ensaios emitidos pelos subfornecedores dos materiais base, desde que dentro do prazo máximo de 12 (doze) meses, contados a partir da data de emissão, e que comprovem a rastreabilidade do lote no documento apresentado.

12.3.26.1 Camada de estanho

O ensaio deve ser executado conforme os procedimentos da ASTM B545 ou ISO 2093.

Constitui falha, se a amostra apresentar não-conformidade aos requisitos estabelecidos no item 9.4.

12.3.26.2 Camada de prata

O ensaio deve ser executado conforme os procedimentos da ASTM B700 ou ISO 4521.

Constitui falha, se a amostra apresentar não-conformidade aos requisitos estabelecidos no item 9.4.

12.3.27 Ensaio de torque dos parafusos dos terminais

Este ensaio é aplicável exclusivamente aos parafusos dos terminais de ligação.

O ensaio deve ser executado conforme os procedimentos da ABNT NBR 5370, acrescidos em 25 % dos valores especificados na ABNT NBR 8158.



Constitui falha, se a amostra apresentar ocorrência de quaisquer danos ou deformações permanentes nos parafusos, porcas ou componentes dos terminais ou dispositivo de aterramento.

NOTA:

XLVI. Serão aceitos relatórios de ensaios emitidos pelos subfornecedores dos materiais base, desde que dentro do prazo máximo de 12 (doze) meses, contados a partir da data de emissão, e que comprovem a rastreabilidade do lote no documento apresentado.

12.3.28 Ensaio de medição da impedância de sequência zero

Este ensaio é aplicado exclusivamente aos transformadores de distribuição trifásicos.

O ensaio deve ser executado conforme os procedimentos da ABNT NBR 5356-1 ou IEC 60076-1.

Este ensaio não possui critérios de reprovação. Os resultados devem ser registrados nos relatórios.

12.3.29 Ensaio de suportabilidade a impulso atmosférico de baixa-tensão (BT)

O ensaio deve ser executado conforme os procedimentos da ABNT NBR 5356-4 ou IEC 60076-4, e estar em conformidade com a ABNT NBR 5440.

Constitui falha, se a amostra apresentar ocorrência de descarga disruptiva ou qualquer dano à bucha de baixa tensão (BT) do transformador.

12.3.30 Ensaio de suportabilidade a curto-circuito

O ensaio deve ser executado conforme os procedimentos da ABNT NBR 5356-5 ou IEC 60076-5.

Constitui falha, se a amostra não suportar aos esforços de curtos-circuitos inferiores a 25 (vinte e cinco) vezes a corrente nominal do transformador.

12.3.31 Ensaio de medição de harmônicas da corrente de excitação

O ensaio deve ser executado conforme os procedimentos da ABNT NBR 5356-1 ou IEC 60076-1.

Constitui falha, se a amostra apresentar valores medidos de distorção harmônica superiores a 5,0 %.

12.3.32 Ensaio de medição do fator de potência do isolamento ($\text{tg } \delta$) e capacitâncias

O ensaio deve ser executado conforme os procedimentos da ABNT NBR 5356-1 ou IEC 60076-1.

Constitui falha, se a amostra apresentar valores medidos de fator de potência do isolamento e capacitâncias inferiores à 2,5 kV.

12.4 Relatórios dos ensaios

Os relatórios dos ensaios devem ser em formulários com as indicações necessárias à sua perfeita compreensão e interpretação conforme indicado a seguir:

- a) Nome do ensaio;
- b) Nome e/ou marca comercial do fabricante;
- c) Identificação do laboratório de ensaio;
- d) Certificados de aferições dos aparelhos utilizados nos ensaios, com validade máxima de 24 (vinte e quatro) meses;
- e) Número da Ordem de Compra de Material (OCM);
- f) Tipo e quantidade de material do lote e tipo e quantidade ensaiada;
- g) Identificação completa do material ensaiado;
- h) Dia, mês e ano de fabricação (DD/MM/AAAA);

- 
- i) Relação, descrição e resultado dos ensaios executados e respectivas normas utilizadas;
 - j) Nome do inspetor e do responsável pelos ensaios;
 - k) Instrumentos/equipamentos utilizados nos ensaios;
 - l) Indicação de normas técnicas aplicáveis;
 - m) Memórias de cálculo, com resultados e eventuais observações;
 - n) Condições ambientes do local dos ensaios;
 - o) Data de início e de término de cada ensaio;
 - p) Nomes legíveis e assinaturas dos respectivos representantes do fabricante e do inspetor da Energisa e data de emissão do relatório.

Os materiais somente serão liberados pelo inspetor após ser entregue a ele uma via dos relatórios de ensaios.

13 PLANOS DE AMOSTRAGEM

13.1 Ensaios de tipo e especiais

O plano de amostragem para os ensaios de tipo e especiais deve seguir as orientações da ABNT NBR 5440 e demais normas indicadas.

Na ausência de orientações específicas, o ensaio deve ser realizado em 3 (três) amostras.

13.2 Ensaios de recebimento

É importante observar que amostras que tenham sido submetidas a ensaios de recebimento que possam ter afetado suas características elétricas e/ou mecânicas não devem ser utilizadas em serviço.

13.2.1 Inspeção geral e verificação dimensional



O plano de amostragem para o ensaio de Inspeção geral e verificação dimensional deve seguir as orientações de 3 (três) amostras, por tipo de transformador (monofásico ou trifásico), nível de tensão (kV) e potência nominal (kVA), contidas na Ordem de Compra de Materiais (OCM) por Unidade de Negócio da Energisa.

13.2.2 Ensaio físico-químico do óleo

O plano de amostragem para os ensaios físico-químico do óleo deve seguir as orientações da ABNT NBR 8840 ou IEC 60475.

13.2.3 Demais ensaios

O plano de amostragem para os ensaios de recebimento de um lote está estabelecido na Tabela 23 para o produto acabado.

Caso o lote a ser fornecido seja composto por mais de 5.000 unidades, essa quantidade deve ser dividida em vários lotes menores, cada um contendo entre 1.200 e 3.200 unidades.

14 ACEITAÇÃO E REJEIÇÕES

14.1 Ensaios de tipo e especiais

Os ensaios de tipo e especiais serão aceitos se todos os resultados forem satisfatórios.

No caso de ocorrência de uma falha em um dos ensaios, o fabricante pode apresentar uma nova amostra para ser ensaiada. Se esta amostra também apresentar algum resultado insatisfatório, o material não será aceito.

14.2 Ensaios de recebimento

O lote inspecionado será aceito se:

- a) Nos ensaios de recebimento, os resultados dos ensaios estiverem com os critérios estabelecidos na Tabela 19;

- 
- b) Os resultados dos ensaios de recebimento estiverem compatíveis com os correspondentes dos demais ensaios de tipo e com os valores garantidos pelo fabricante no Quadro de Dados Técnicos e Características Garantidas.

Em um lote rejeitado no recebimento, será dado ao fornecedor o direito de ensaiar individualmente todos os equipamentos, eliminando os defeituosos e apresentar os demais para novos ensaios de recebimento na presença do inspetor, neste caso, a nova amostragem fica a critério da Energisa, para confirmar os resultados dos relatórios dos ensaios feitos pelo próprio fabricante.

Caso aprovado, as unidades defeituosas devem ser substituídas por novas. E em caso de nova reprova, o lote será recusado por completo.

A rejeição do lote, em virtude de falhas constatadas nos ensaios, não dispensa o fornecedor de cumprir as datas de entrega prometidas. Se a rejeição tornar impraticável a entrega do material nas datas previstas, ou se tornar evidente que o fornecedor não será capaz de satisfazer as exigências estabelecidas nesta Especificação, a Energisa se reserva o direito de rescindir todas as suas obrigações e de obter o material de outro fornecedor. Em tais casos, o fornecedor será considerado infrator do contrato e estará sujeito às penalidades aplicáveis.

NOTA:

- XLVII. Para unidades defeituosas que porventura possam ser recuperadas e/ou retrabalhadas, e que sejam aprovadas em todos os ensaios, podem ser encaminhados a Energisa para uso no Sistemas Elétricos de Potência (SEP).

15 NOTAS COMPLEMENTARES

A presente Especificação Técnica não invalida qualquer outra da ABNT ou de outros órgãos competentes, mesmo a partir da data em que a mesma estiver em vigor. Todavia, em qualquer ponto onde surgirem divergências entre esta Especificação Técnica e as normas dos órgãos citados, prevalecerão as exigências mínimas aqui estabelecidas.

Em caso de divergência, esta Especificação Técnica prevalecerá sobre as outras de mesma finalidade editadas anteriormente.

Quaisquer críticas e/ou sugestões para o aprimoramento desta Especificação Técnica serão analisadas e, caso sejam válidas, incluídas ou excluídas deste texto.

As sugestões devem ser enviadas à Energisa pelo e-mail:

normas.tecnicas@energisa.com.br

16 HISTÓRICO DE VERSÕES DESTE DOCUMENTO

Data	Versão	Descrição das alterações realizadas
06/11/2020	0.0	1ª edição.
01/07/2021	1.0	- Inclusão dos códigos de transformadores monofásicos e trifásico com óleo vegetal; - Inclusão do ANEXO 1 (Quadro de dados técnicos e características garantidas).
01/12/2023	2.0	Revisão geral.
10/05/2025	2.1	- Incorporação da Errata 1 da versão 2.0; - Alteração do item 7.3 e 7.4; - Inclusão do Desenho 19.

17 VIGÊNCIA

Esta Especificação Técnica entrará em vigor na data de 01/06/2025 e revogará todas as documentações anteriores do grupo Energisa.

18 TABELAS

TABELA 1 - Características elétricas dos transformadores de distribuição monofásico (F/N) com óleo mineral



Imagem meramente ilustrativa

Código Energisa	Potência	Tensão nominal MT	Classe de tensão	Tensão nominal BT	Tipo de terminal de MT	Tipo de terminal de BT	Cor	Empresa
	(kVA)	(kV)	(kV)	(V)				
91481	10	7,967	15,0	254/127	T1 - 100A	T2 - 160 ^a	Cinza-claro - Munsell N6.5 ou RAL 7035	ESS
91482	15							
91483	25							

TABELA 2 - Características elétricas dos transformadores de distribuição monofásico (F/N) com óleo vegetal



Imagem meramente ilustrativa

Código Energisa	Potência	Tensão nominal MT	Classe de tensão	Tensão nominal BT	Tipo de terminal de MT	Tipo de terminal de BT	Cor	Empresa
	(kVA)	(kV)	(kV)	(V)				
91724	10	7,967	15,0	254/127	T1 - 100A	T2 - 160A	Verde-claro - Munsell 5G8/4 ou RAL 6019	ESS
91725	15							
91726	25							

TABELA 3 - Características elétricas dos transformadores de distribuição trifásico com óleo mineral

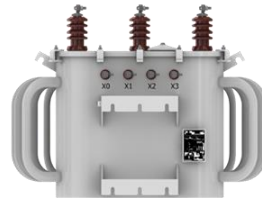


Imagem meramente ilustrativa

Código Energisa	Potência	Tensão Nominal MT	Classe de Tensão	Tensão Nominal BT	Tipo de terminal de MT	Tipo de terminal de BT	Cor	Empresa
	(kVA)	(kV)		(V)				
91484	15	13,8	15,0	220/127	T1 - 100A	T2 - 160A	Cinza-claro - Munsell N6.5 ou RAL 7035	ESS
91485	30							
91491	45							
91486	75					T2 - 400A		
91487	112,5							
91488	150							
91489	225					T3 - 800A		
91490	300							

TABELA 4 - Características elétricas dos transformadores de distribuição trifásico com óleo vegetal

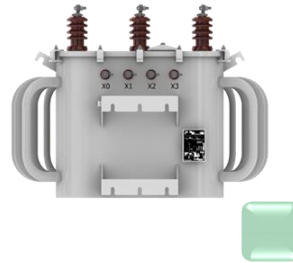


Imagem meramente ilustrativa

Código Energisa	Potência	Tensão Nominal MT	Classe de Tensão	Tensão Nominal BT	Tipo de terminal de MT	Tipo de terminal de BT	Cor	Empresa
	(kVA)	(kV)		(V)				
91727	15	13,8	15,0	220/127	T1 - 100A	T2 - 160A	Verde-claro - Munsell 5G8/4 ou RAL 6019	ESS
91728	30							
91729	45							
91730	75							
91731	112,5					T2 - 400A		
91732	150							
91733	225							
91734	300					T3 - 800A		

TABELA 5 - Níveis de isolamento

Tensão máxima do equipamento	Tensão suportável nominal à frequência industrial durante 1 min.	Tensão suportável nominal de impulso atmosférico	Espaçamento mínimo no ar	
			Fase-Terra	Fase-Fase
(kV _{ef})		(kV _{cr})	(mm)	
1,2 (Nota 1)	10	30	25	
15,0	34	95	130	140

NOTA:

- I. O nível de isolamento correspondente a 1,2 kV só é aplicável à baixa-tensão do transformador.
- II. Correspondem a valores mínimos a serem fabricados. Valores superiores admissíveis constam na ABNT NBR 5356-3.

TABELA 6 - Derivações e relações de tensões

Tipo	Tensão sistema	Derivações (Taps)	
		Quant.	Tensões
	(kV)		(V)
Monofásica	13,8 / $\sqrt{3}$	7	8.313 / 7.967 / 7.621 / 7.274 / 6.928 / 6.582 / 6.235
Trifásica	13,8	7	13.800 / 13.200 / 12.600 / 12.000 / 11.400 / 10.800 / 10.200

NOTA:

- I. Os valores em destaque correspondem aos valores de tensão nominal.

TABELA 7 - Limites de elevação de temperatura

Óleo mineral isolante (OMI)		
Temperatura	Limites de elevação de temperatura	
	Alternativa 1	Alternativa 2
	(°C)	
Classe térmica mínima da isolação dos enrolamentos	105	120
Média dos enrolamentos	55	65
Ponto mais quente dos enrolamentos	65	80
Óleo isolante (topo do óleo)	50	60
Temperatura de referência das perdas totais e impedância	75	85

Óleo vegetal isolante (OVI)		
Temperatura	Limites de elevação de temperatura	
	Alternativa 1	Alternativa 2
	(°C)	
Classe térmica mínima da isolação dos enrolamentos	120	130
Média dos enrolamentos	65	75
Ponto mais quente dos enrolamentos	80	90
Óleo isolante (topo do óleo)	60	70
Temperatura de referência das perdas totais e impedância	85	95

NOTA:

- I. A isolação dos enrolamentos (condutores e isolamento entre camadas) deve ser em papel termo estabilizado compatível com o líquido isolante.

TABELA 8 - Valores de perdas, correntes de excitação e tensões de curto-circuito para transformadores monofásicos

	Potência nominal	Nível de eficiência	Perdas máximas		Rendimento mínimo C=0,5 e F _p =0,92	Corrente de excitação máxima (I _o)	Tensão de curto-circuito
	em vazio (P _o)		totais (P _t)				
	(kVA)		(W)		(%)		
Classe de tensão - 15 kV	10	A	30	160	98,66	2,7	2,5
		B	35	180	98,47		
		C	40	200	98,29		
		D	45	225	98,08		
	15	A	40	215	98,80	2,4	
		B	45	240	98,66		
		C	50	270	98,50		
		D	60	300	98,29		
	25	A	55	310	98,98	2,2	
		B	65	355	98,82		
		C	70	395	98,70		
		D	80	435	98,55		

TABELA 9 - Valores de perdas, correntes de excitação e tensões de curto-circuito para transformadores trifásicos

	Potência nominal	Nível de eficiência	Perdas máximas		Rendimento mínimo C=0,5 e F _p =0,92	Corrente de excitação máxima (I _o)	Tensão de curto-circuito
	em vazio (P _o)		totais (P _t)				
	(kVA)		(W)	(%)			
Classe de tensão - 15 kV	15	A	45	265	98,57	4,0	3,5
		B	50	290	98,43		
		C	60	330	98,19		
		D	75	370	97,89		
	30	A	75	445	98,80	3,6	
		B	90	495	98,63		
		C	110	560	98,41		
		D	130	630	98,19		
	45	A	100	610	98,91	3,2	
		B	115	670	98,79		
		C	140	760	98,59		
		D	170	855	98,38		
	75	A	150	895	99,03	2,7	
		B	175	990	98,91		
		C	215	1.125	98,73		
		D	255	1.260	98,55		
	112,5	A	195	1.210	99,14	2,5	
		B	230	1.340	99,03		
		C	285	1.525	98,86		
		D	335	1.705	98,71		
	150	A	245	1.500	99,20	2,3	
		B	285	1.655	99,10		
		C	350	1.880	98,95		
		D	420	2.110	98,79		

TABELA 9 - Valores de perdas, correntes de excitação e tensões de curto-circuito para transformadores trifásicos - Continuação

	Potência nominal	Nível de eficiência	Perdas máximas		Rendimento mínimo C=0,5 e F _p =0,92	Corrente de excitação máxima (I _o)	Tensão de curto-circuito
	em vazio (P _o)		totais (P _t)				
	(kVA)		(W)		(%)		
Classe de tensão - 15 kV	225	A	330	2.100	99,26	2,1	4,5
		B	380	2.315	99,17		
		C	470	2.630	99,03		
		D	560	2.945	98,90		
	300	A	410	2.610	99,31	1,9	
		B	475	2.885	99,23		
		C	585	3.275	99,10		
		D	700	3.670	98,97		

-

TABELA 12 - Níveis máximos de ruído

Potência nominal do transformador	Nível máximo de ruído
(kVA)	(dB)
1 a 50	48
51 a 100	51
101 a 300	55

TABELA 13 - Espessura mínima da chapa de aço

Potência do transformador	Espessura		
	Tampa	Corpo	Fundo
(kVA)	(mm)		
$P \leq 10$	1,90		
$10 < P \leq 150$	2,65		3,00
$150 < P \leq 300$	3,00		4,75

NOTA:

- I. As espessuras estão sujeitas às tolerâncias da ABNT NBR 6650.

TABELA 14 - Características elétricas das buchas isolantes

Buchas primárias	Classe de tensão	Tensão suportável nominal à frequência industrial	Tensão suportável nominal de impulso atmosférico	Distância de arco externo mínima	Distância de escoamento
	(kV _{ef})		(kV _{cr})	(mm)	
	15,0	34	110	155	280

Buchas secundárias	Tensão nominal	Corrente nominal	Tensão suportável nominal à frequência industrial	Tensão suportável nominal de impulso atmosférico	Distância de arco externo mínima	Distância de escoamento
	(kV _{ef})	(A)	(kV _{ef})	(kV _{cr})	(mm)	
	1,2	160	10	30	47	50
		400			60	65
		800			81	87

TABELA 15 - Buchas e terminais de baixa tensão de transformador monofásico e transformador trifásico

Transformador monofásico	Potência	Tensão nominal da bucha	Maior tensão secundária
	(kVA)	(kV)	254 V
	10	1,3	T2 - 160A
	15		
	25		

Transformador trifásico	Potência	Tensão nominal da bucha	Maior tensão secundária
	(kVA)	(kV)	220 V
	15	1,3	T2 - 160A
	30		
	45		
	75		T2 - 400A
	112,5		
	150		T3 - 800A
	225		
	300		

TABELA 16 - Momento de torção

Tipo da rosca	Torque mínimo	
	(N.m)	(kgf.m)
M10	16,70	1,70
M12	28,20	2,88
M16	76,00	7,75

TABELA 17 - Padronização dos elos-fusíveis

	Potência	Correntes nominais
		7,967 kV
	(kVA)	Elo
Transformador monofásico	5	0,5 H
	10	1 H
	15	2 H
	25	3 H

	Potência	Correntes nominais
		7,967 kV
	(kVA)	Elo
Transformador trifásico	15	0,5 H
	30	1 H
	45	2 H
	75	3 H
	112,5	5 H
	150	6 K
	225	10 K
	300	12 K

TABELA 18 - Informações constantes no QR-CODE e RFID

Linha	Significado da informação	Número de caracteres	Gravação no QR-CODE
1	Código do transformador	10 numéricos	ex.: 0020004412
2	CRC do fabricante	10 numéricos	ex.: 0001234567
3	Referência do material (do fabricante)	máximo 30 (alfanuméricos, hifens, barras, espaço)	O mesmo da homologação dos materiais
4	Dia/mês/ano de fabricação	10 (numéricos e barras)	ex.: DD/MM/AAAA
5	Número de série	conforme padrão do fornecedor	
6	Número de fases	02 numéricos	ex.: 05
7	Potência nominal (kVA)	03 numéricos	ex.: 300
8	Tensão nominal primária (kV)	4 (numéricos e vírgula)	ex.1: 34,5 ex.2: 19,9
9	Tensão nominal secundária (V)	03 numéricos	Ex.: 220
10	Número de patrimonial	10 numéricos	Ex.: 5603002010
11	Número da ordem de compra	15 (alfanuméricos, espaço e barras)	Ex.: 4400004444/2016
12	Tipo de líquido isolante	10 alfanuméricos	Ex.: Mineral ou Vegetal
13	Volume do líquido isolante (l)	04 numéricos	Ex.: 100
14	Isento de PCB	03 alfanuméricos	Ex.: Sim
15	Impedância (%)	04 (numéricos e vírgula)	Ex.:

NOTA:

- I. O código separador deve ser o símbolo “;” (ponto e vírgula).

TABELA 19 - Plano de amostragem para ensaios de recebimento

Tamanho do lote	- Corrente de excitação; - Deslocamento angular e sequência de fases; - Equilíbrio de tensões; - Funcionamento do comutador; - Impedância de curto-circuito; - Perdas em carga e perdas em vazio; - Polaridade. - Relação de transformação; - Resistência de isolamento; - Resistência dos enrolamentos.				- Aderência e espessura da pintura; - Compatibilidade das juntas de vedação com o óleo isolante; - Ensaio da válvula de alívio de pressão interna; - Junta de vedação; - Revestimento de zinco; - Revestimento dos terminais de ligação; - Estanqueidade e resistência a pressão a frio; - Verificação do torque nos terminais.				- Físico-químico do óleo mineral. - Tensão aplicada; - Tensão induzida.		
	Amostragem dupla normal Nível de inspeção S1 NQA 6,5 %				Amostragem dupla normal Nível de inspeção S3 NQA 6,5 %				Amostragem simples normal Nível de inspeção S3 NQA 1,0 %		
	Amostra		Ac	Re	Amostra		Ac	Re	Amostra	Ac	Re
	Seq.	Tam.			Seq.	Tam.					
2 a 50	-	3	0	1	-	2	0	1	13	0	1
51 a 90	-	3	0	1	1 ^a	5	0	2	13	0	1
					2 ^a		1	2			
91 a 280	1 ^a	8	0	2	1 ^a	5	0	2	13	0	1
	2 ^a		1	2	2 ^a		1	2			

TABELA 19 - Plano de amostragem para ensaios de recebimento - Continuação

Tamanho do lote	- Corrente de excitação; - Deslocamento angular e sequência de fases; - Equilíbrio de tensões; - Funcionamento do comutador; - Impedância de curto-circuito; - Perdas em carga e perdas em vazio; - Polaridade. - Relação de transformação; - Resistência de isolamento; - Resistência dos enrolamentos.				- Aderência e espessura da pintura; - Compatibilidade das juntas de vedação com o óleo isolante; - Ensaio da válvula de alívio de pressão interna; - Junta de vedação; - Revestimento de zinco; - Revestimento dos terminais de ligação; - Estanqueidade e resistência a pressão a frio; - Verificação do torque nos terminais.				- Físico-químico do óleo mineral. - Tensão aplicada; - Tensão induzida.		
	Amostragem dupla normal Nível de inspeção S1 NQA 6,5 %				Amostragem dupla normal Nível de inspeção S3 NQA 6,5 %				Amostragem simples normal Nível de inspeção S3 NQA 1,0 %		
	Amostra		Ac	Re	Amostra		Ac	Re	Amostra	Ac	Re
	Seq.	Tam.			Seq.	Tam.					
281 a 500	1 ^a	13	0	3	1 ^a	5	0	2	13	0	1
	2 ^a		3	4	2 ^a		1	2			
501 a 1.200	1 ^a	20	1	4	1 ^a	8	0	2	20	0	1
	2 ^a		4	5	2 ^a		1	2			
1.201 a 3.200	1 ^a	32	3	7	1 ^a	13	1	4	20	0	1
	2 ^a		8	9	2 ^a		4	5			

TABELA 19 - Plano de amostragem para ensaios de recebimento - Continuação

Tamanho do lote	- Corrente de excitação; - Deslocamento angular e sequência de fases; - Equilíbrio de tensões; - Funcionamento do comutador; - Impedância de curto-circuito; - Perdas em carga e perdas em vazio; - Polaridade. - Relação de transformação; - Resistência de isolamento; - Resistência dos enrolamentos.				- Aderência e espessura da pintura; - Compatibilidade das juntas de vedação com o óleo isolante; - Ensaio da válvula de alívio de pressão interna; - Junta de vedação; - Revestimento de zinco; - Revestimento dos terminais de ligação; - Estanqueidade e resistência a pressão a frio; - Verificação do torque nos terminais.				- Físico-químico do óleo mineral. - Tensão aplicada; - Tensão induzida.		
	Amostragem dupla normal Nível de inspeção S1 NQA 6,5 %				Amostragem dupla normal Nível de inspeção S3 NQA 6,5 %				Amostragem simples normal Nível de inspeção S3 NQA 1,0 %		
	Amostra		Ac	Re	Amostra		Ac	Re	Amostra	Ac	Re
	Seq.	Tam.			Seq.	Tam.					
3.201 a 5.000	1ª	32			1ª	20	1	4	20	0	1
	2ª				2ª		4	5			

Legenda:

Seq. - Sequência de ensaios das amostras;

Tam. - Tamanho das amostras;

Ac - número de aceitação;

Re - número de rejeição.

TABELA 20 - Relação de ensaios

Item	Descrição dos ensaios	Tipos de ensaios
12.3.1	Inspeção geral	RE
12.3.2	Verificação dimensional	RE
12.3.3	Ensaio de resistência dos enrolamentos	T / RE / E
12.3.4	Ensaio de resistência de isolamento	T / RE / E
12.3.5	Ensaio de relação de transformação	T / RE / E
12.3.6	Ensaio de polaridade	T / RE / E
12.3.7	Ensaio de deslocamento angular e sequência de fases	T / RE / E
12.3.8	Ensaio de impedância de curto-circuito	T / RE / E
12.3.9	Ensaio de perdas em carga e perdas em vazio	T / RE / E
12.3.10	Ensaio de corrente de excitação	T / RE / E
12.3.11	Ensaio de tensão suportável à frequência industrial	T / RE / E
12.3.12	Ensaio de tensão induzida de curta duração	T / RE / E
12.3.13	Ensaio de impulso atmosférico	T / E
12.3.14	Ensaio de tensão de rádio-interferência	T / E
12.3.15	Ensaio de elevação de temperatura	T / E
12.3.16	Ensaio de nível de ruído	T / E
12.3.17	Ensaio de verificação da resistência mecânica do (s) suporte (s) para fixação do transformador	T / E
12.3.18	Ensaio para verificação da pintura do tanque	T / RE
12.3.19	Ensaio físico-químico do óleo	T / RE / E
12.3.20	Ensaio do comutador sem tensão (CST)	T / RE / E
12.3.21	Ensaio do dispositivo de alívio de pressão (DAP)	T / RE / E
12.3.22	Ensaio de estanqueidade e resistência à pressão a frio	RE
12.3.23	Ensaio de verificação do equilíbrio de tensões	RE
12.3.24	Ensaio das juntas de vedação	RE
12.3.25	Ensaio de verificação do revestimento de zinco	RE
12.3.26	Ensaio de medição da espessura do revestimento do terminal de ligação	RE
12.3.27	Ensaio de torque dos parafusos dos terminais	RE
12.3.28	Ensaio de medição da impedância de sequência zero	E
12.3.29	Ensaio de suportabilidade a impulso atmosférico de baixa-tensão (BT)	E

TABELA 20 - Relação de ensaios - Continuação

Item	Descrição dos ensaios	Tipos de ensaios
12.3.30	Ensaio de suportabilidade a curto-circuito	E
12.3.31	Ensaio de medição de harmônicas da corrente de excitação	E
12.3.32	Ensaio de medição do fator de potência do isolamento (tg δ) E capacitâncias	E

Legenda:

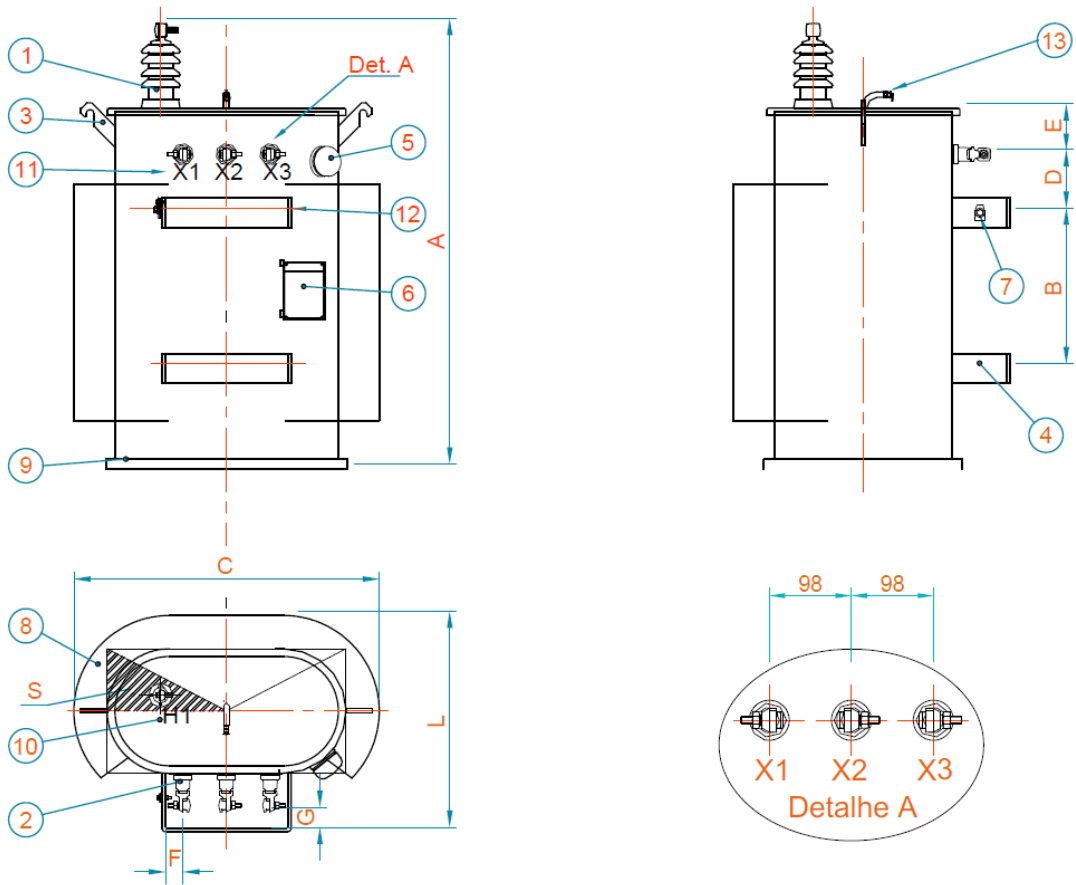
T - Ensaio de tipo;

RE - Ensaio de recebimento;

E - Ensaio especial.

19 DESENHOS

DESENHO 1 - Característica dimensional do transformador monofásico (F/N)



		15 kV
		P ≤ 37,5
Cotas máximas	A	1.200
	C	800
	L	900
Cotas mínimas	G	50
	F	65
Cotas	D (± 5 %)	120
	B (± 5 %)	200
	E (± 10 %)	100

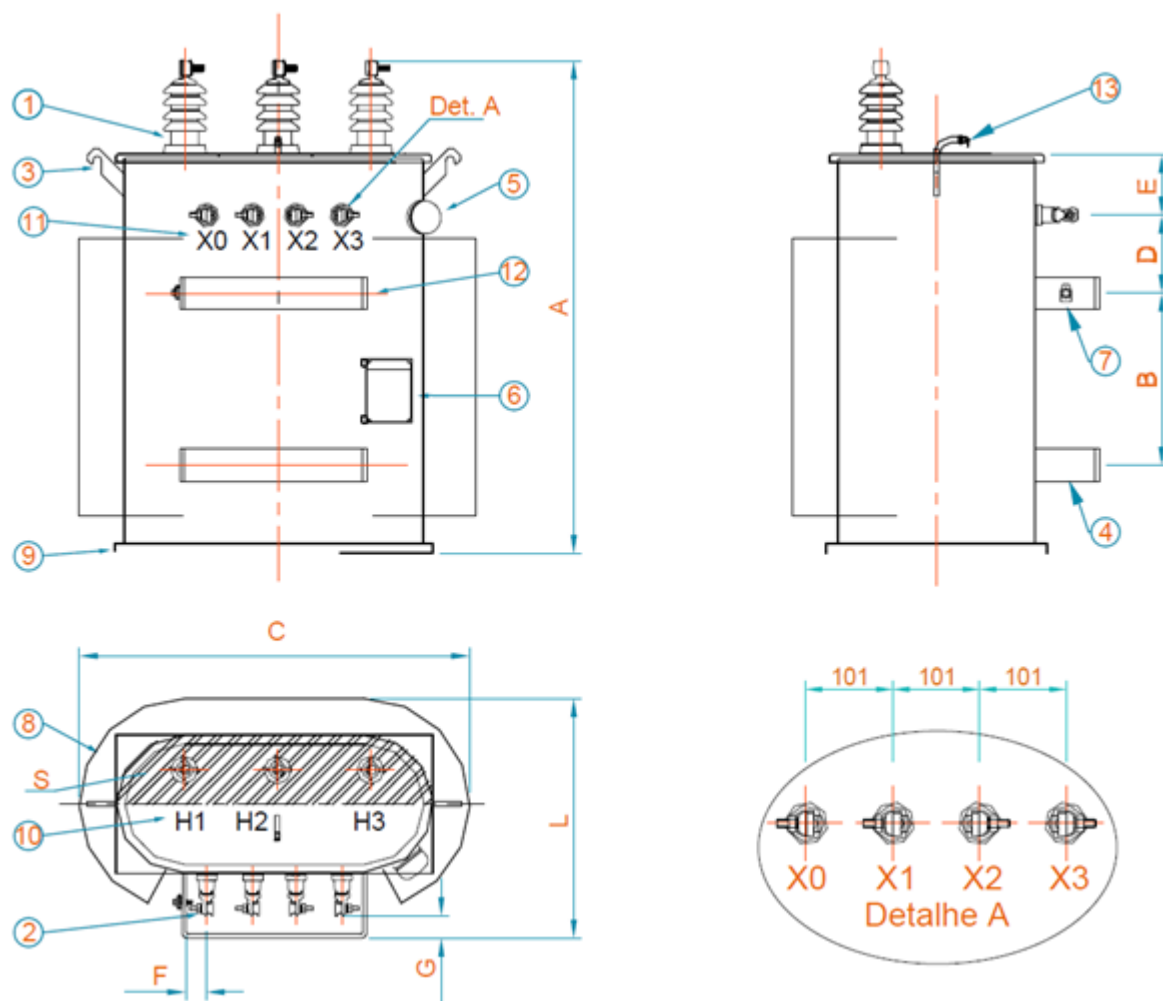


DESENHO 1 - Característica dimensional do transformador monofásico (F/N) - Continuação

Legenda:

1 - Bucha de média-tensão (MT)	8 - Radiadores
2 - Bucha de baixa tensão (BT)	9 - Estrutura de apoio
3 - Alça de suspensão	10 - Marcação dos terminais externos MT
4 - Suporte para fixação ao poste	11 - Marcação dos terminais externos BT
5 - Acionamento externo do comutador	12 - Placa de identificação (alternativa)
6 - Placa de identificação	13 - Dispositivo de alívio de pressão
7 - Dispositivo de aterramento	S - Área para localização das buchas MT

DESENHO 2 - Característica dimensional do transformador trifásico



		15 kV		
		P ≤ 45	45 < P ≤ 150	P > 150
Cotas máximas	A	1.300	1.300	1.800
	C	1.300	1.350	1.650
	L	750	950	1.150
Cotas mínimas	G	50		
	F	65		
Cotas	D (± 5 %)	120	150	
	B (± 5 %)	200	200 ou 400	
	E (± 10 %)	100		



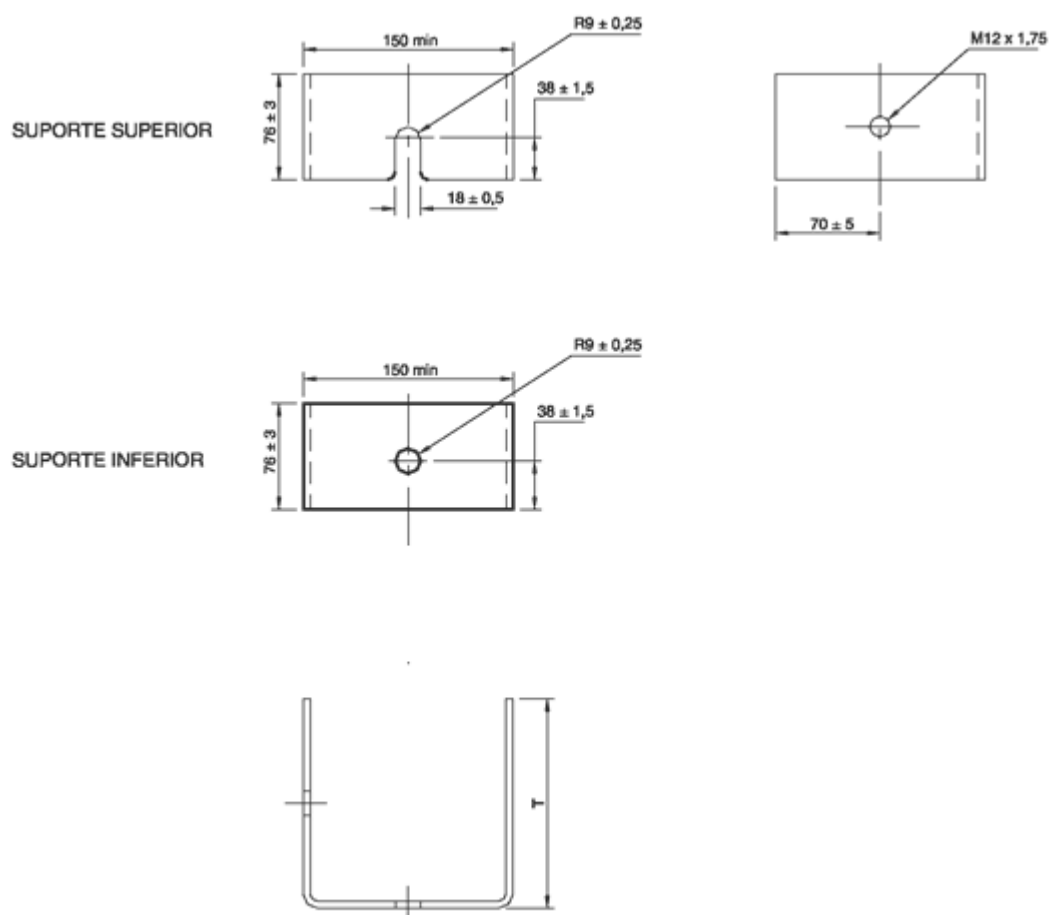
DESENHO 2 - Característica dimensional do transformador trifásico - Continuação

Legenda:

1 - Bucha de média-tensão (MT)	8 - Radiadores
2 - Bucha de baixa tensão (BT)	9 - Estrutura de apoio
3 - Alça de suspensão	10 - Marcação dos terminais externos MT
4 - Suporte para fixação ao poste	11 - Marcação dos terminais externos BT
5 - Acionamento externo do comutador	12 - Placa de identificação (alternativa)
6 - Placa de identificação	13 - Dispositivo de alívio de pressão
7 - Dispositivo de aterramento	S - Área para localização das buchas MT

DESENHO 3 - Suporte fixação do transformador ao poste

Suporte fixação Tipo 1

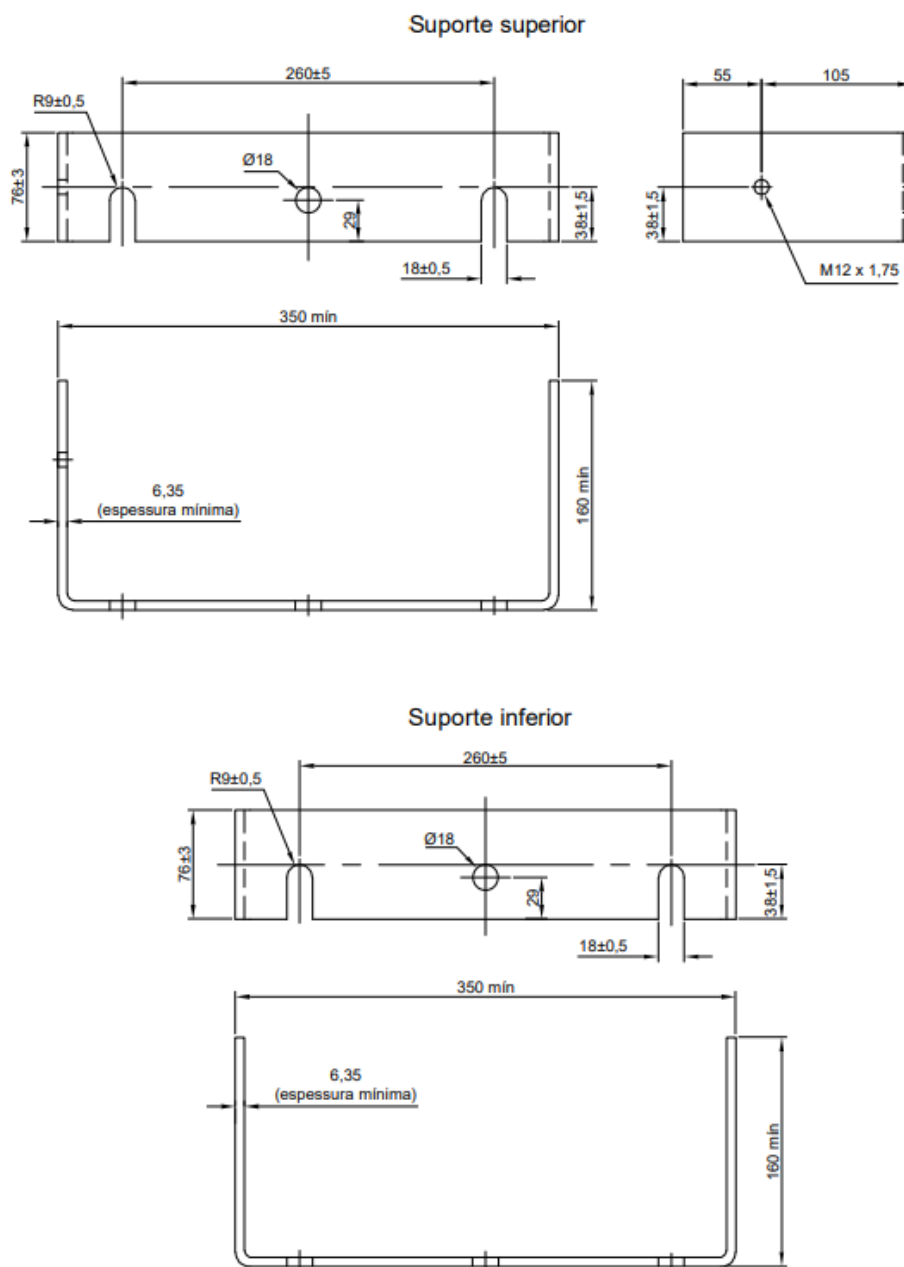


NOTA:

- I. Dimensões, em milímetros (mm);
- II. As cotas “T” e “N” devem assumir valores de forma a atender as exigências dos Desenhos 1 e 2.

DESENHO 3 - Suporte fixação do transformador ao poste - Continuação

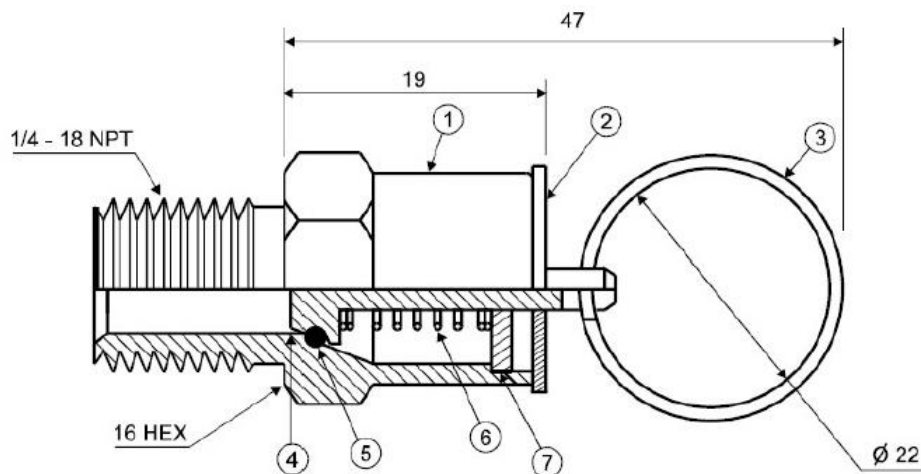
Suporte fixação Tipo 2



NOTA:

- I. Dimensões, em milímetros (mm);
- II. As cotas “T” e “N” devem assumir valores de forma a atender as exigências dos Desenhos 1 e 2.

DESENHO 4 - Válvula de alívio de pressão



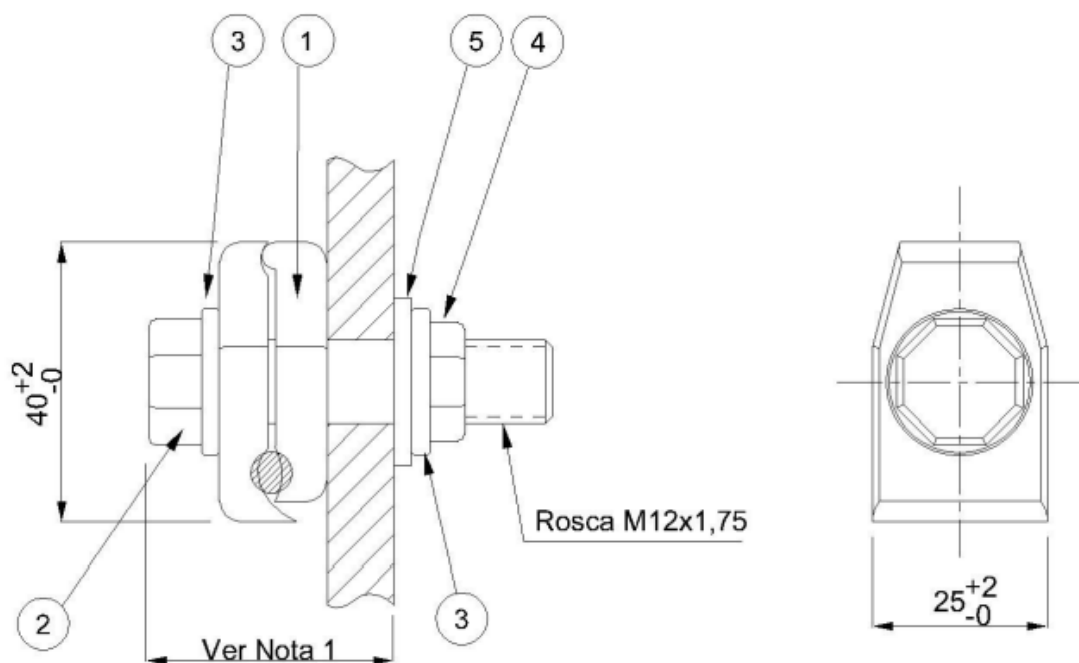
Legenda:

- | | |
|---|-------------------------------------|
| 1) Corpo: Latão | 4) Êmbolo: Latão |
| 2) Disco externo de vedação: Não oxidável | 5) Anel interno: Borracha nitrílica |
| 3) Anel externo para acionamento manual: Não oxidável | 6) Mola interna: Aço inoxidável |
| | 7) Guia: Aço inoxidável |

NOTA:

I. Dimensões em milímetros (mm).

DESENHO 5 - Dispositivo de aterramento



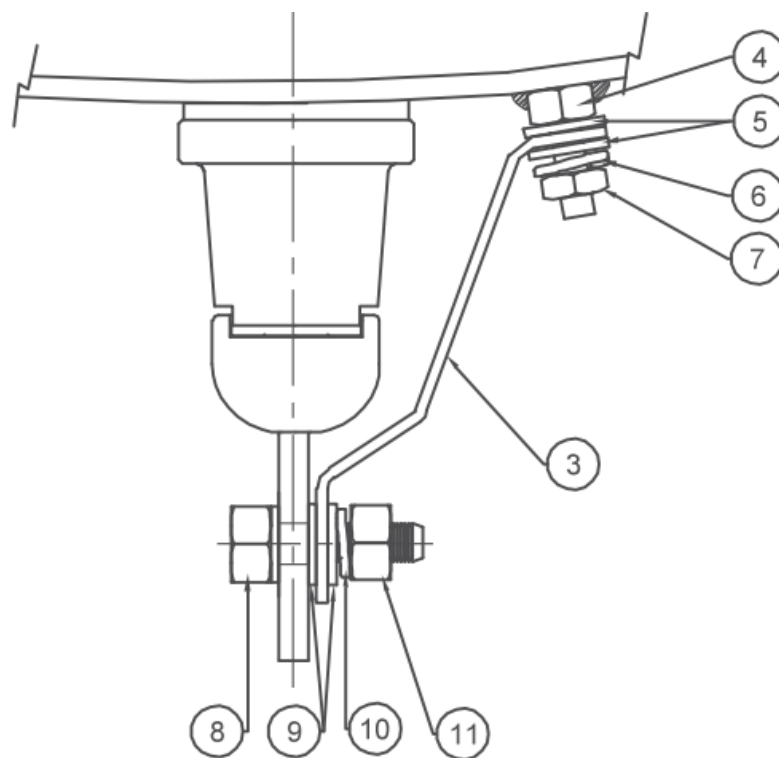
Legenda:

- | | |
|--|---|
| 1) Parafuso de cabeça sextavada: Aço-carbono zincado | 3) Conector de pressão: Liga de cobre |
| 2) Arruela de pressão: Aço-carbono zincado | 4) Arruela lisa: Aço-carbono zincado |
| | 5) Porca sextavada: Aço-carbono zincado |

NOTAS:

- I. Dimensões, em milímetros (mm);
- II. O conector deve permitir a colocação ou retirada do condutor de maior seção sem a necessidade de desmontá-lo.

DESENHO 6 - Dispositivo de aterramento adicional em X2 (Transformador monofásico)



Legenda:

- | | |
|---|--|
| 1) Porca e arruela de pressão da bucha (160 ou 400 A) | 6) Arruela de pressão M8: bronze fosforoso |
| 2) Parafuso de bucha (160 ou 400 A) | 7) Porca sextavada M8: latão |
| 3) Lâmina de cobre estanhada | 8) Parafuso M12x45mm: bronze fosforoso |
| 4) Parafuso M8x25mm: aço inox - soldado ao tanque | 9) Arruela lisa M12: latão |
| 5) Arruela lisa M8: latão | 10) Arruela de pressão M12: bronze fosforoso |
| | 11) Porca sextavada M12: latão estanhado |

DESENHO 7 - Placa de identificação (modelo)

Transformador monofásico

105 ± 1
95 ± 0,5

Ø4,5^{+0,5}

(a)

TRANSFORMADOR MONOFÁSICO

Nº (b) Data Fabricação (c)

Pot. (d) kVA Norma NBR 5440

Impedância (e) % Tipo óleo isolante (f)

ALTA TENSÃO			
V	Pos.	Comutador Liga	Terminals
	1	5 - 6	H1 H2
(g)	2	6 - 3	
	3	3 - 4	

BAIXA TENSÃO		
V	Terminals	
(h)	X1	X2 X3

(i)

Pol.: (j)

Volume (k) l Massa total (l) kg PI Nº (m)

Elevação de temperatura óleo / enrolamento (n) °C

Material dos enrolamentos AT / BT (o)

Isento de PCB

(p)

148 ± 1
138 ± 0,5

NOTA:

I. Dimensões em milímetros (mm).

DESENHO 7 - Placa de identificação (modelo) - Continuação

Transformador trifásico

105 ± 1
95 ± 0,5
Ø 4,5^{+0,5}

(a)
TRANSFORMADOR TRIFÁSICO

Nº (b) Data Fabricação (c)
Pot. (d) KVA Norma NBR 5440
Impedância (e) % Tipo óleo isolante (f)

ALTA TENSÃO				Terminals H1 H2 H3	
V	Pos.	Comutador Liga		Lig.	
	1	7 - 10	8 - 11	9 - 12	
(g)	2	10 - 4	11 - 5	12 - 8	
	3	4 - 13	5 - 14	6 - 15	

(q)

BAIXA TENSÃO		Terminals X0 X1 X2 X3		
V	Ligação			
(h)	(r)			

Diag.fasorial: (j)

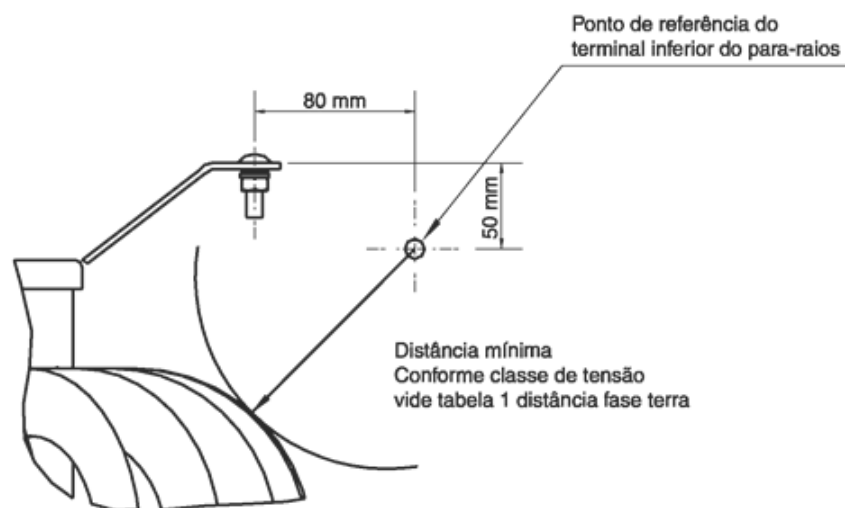
Volume (k) l Massa total (l) kg PI Nº (m)
Elevação de temperatura óleo / enrolamento (n) °C
Material dos enrolamentos AT / BT (o)
Isento de PCB (p)

NOTA:

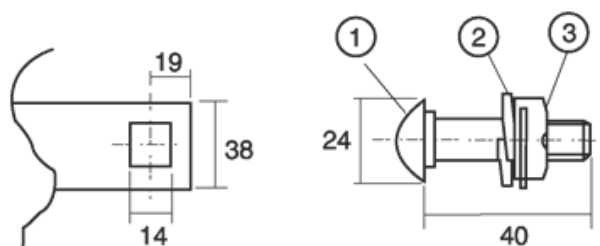
I. Dimensões em milímetros (mm).

DESENHO 8 - Suporte para fixação de para-raios

Suporte para fixação de para-raios



Componentes do suporte de para-raios



Legenda:

1) Parafuso de cabeça abaulada

I. 3) Porca sextavada

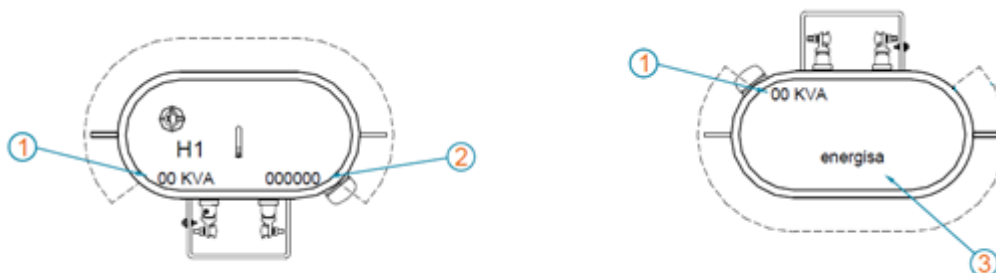
2) Arruela de pressão

NOTA:

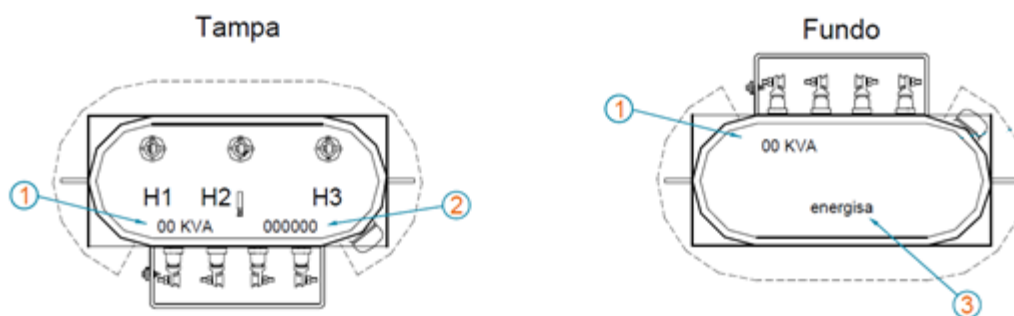
I. Dimensões em milímetros (mm).

DESENHO 9 - Marcações do transformador - Tampa e fundo

Transformador monofásico



Transformador trifásico



Legenda:

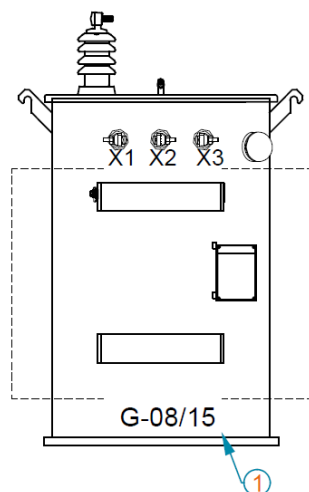
1) Potência

3) Nome da empresa

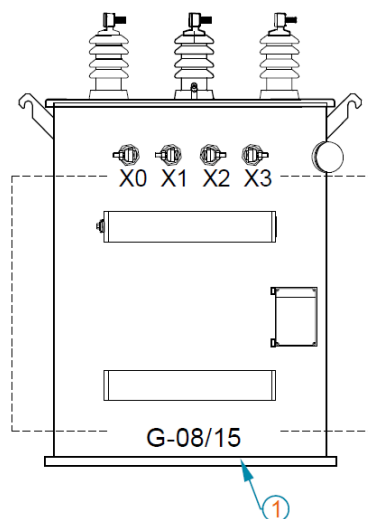
2) Número patrimonial

DESENHO 10 - Marcações do transformador - Frontal

Transformador monofásico



Transformador trifásico

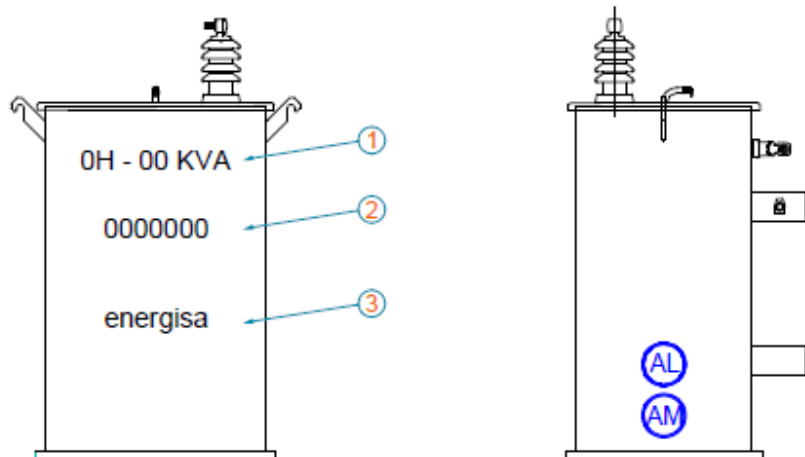


Legenda:

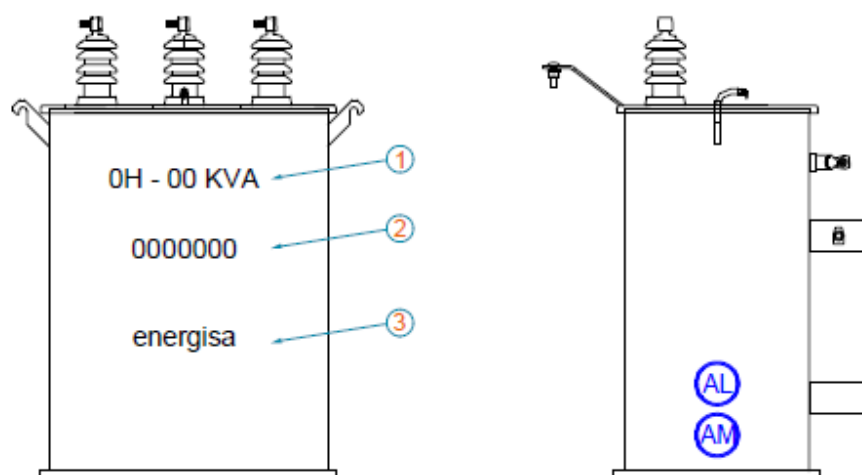
1) Prazo final de garantia

DESENHO 11 - Marcações do transformador - Traseira e lateral - Transformador sem radiador

Transformador monofásico



Transformador trifásico



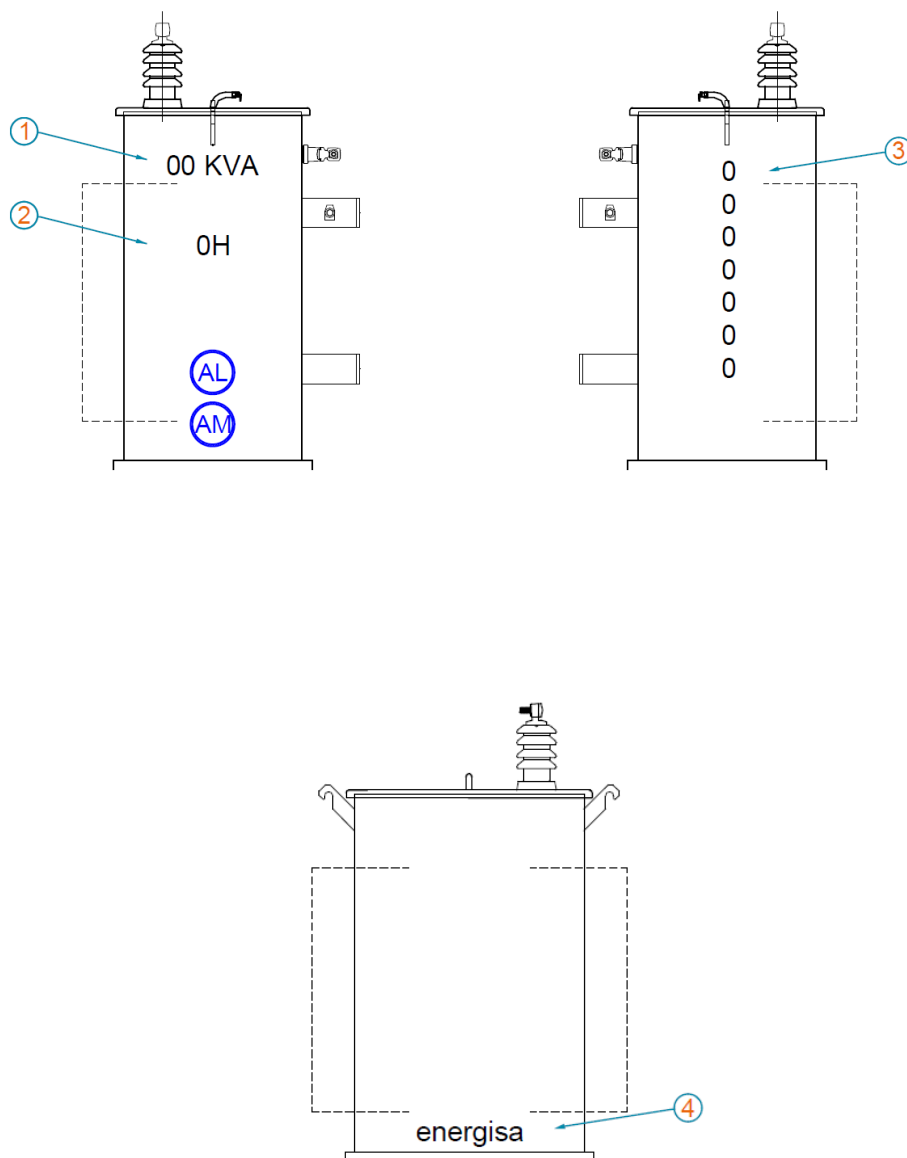
Legenda:

1) Elo e Potência

3) Nome da empresa

2) Número patrimonial

DESENHO 12 - Marcações do transformador - Traseira e lateral - Transformador com radiador



Legenda:

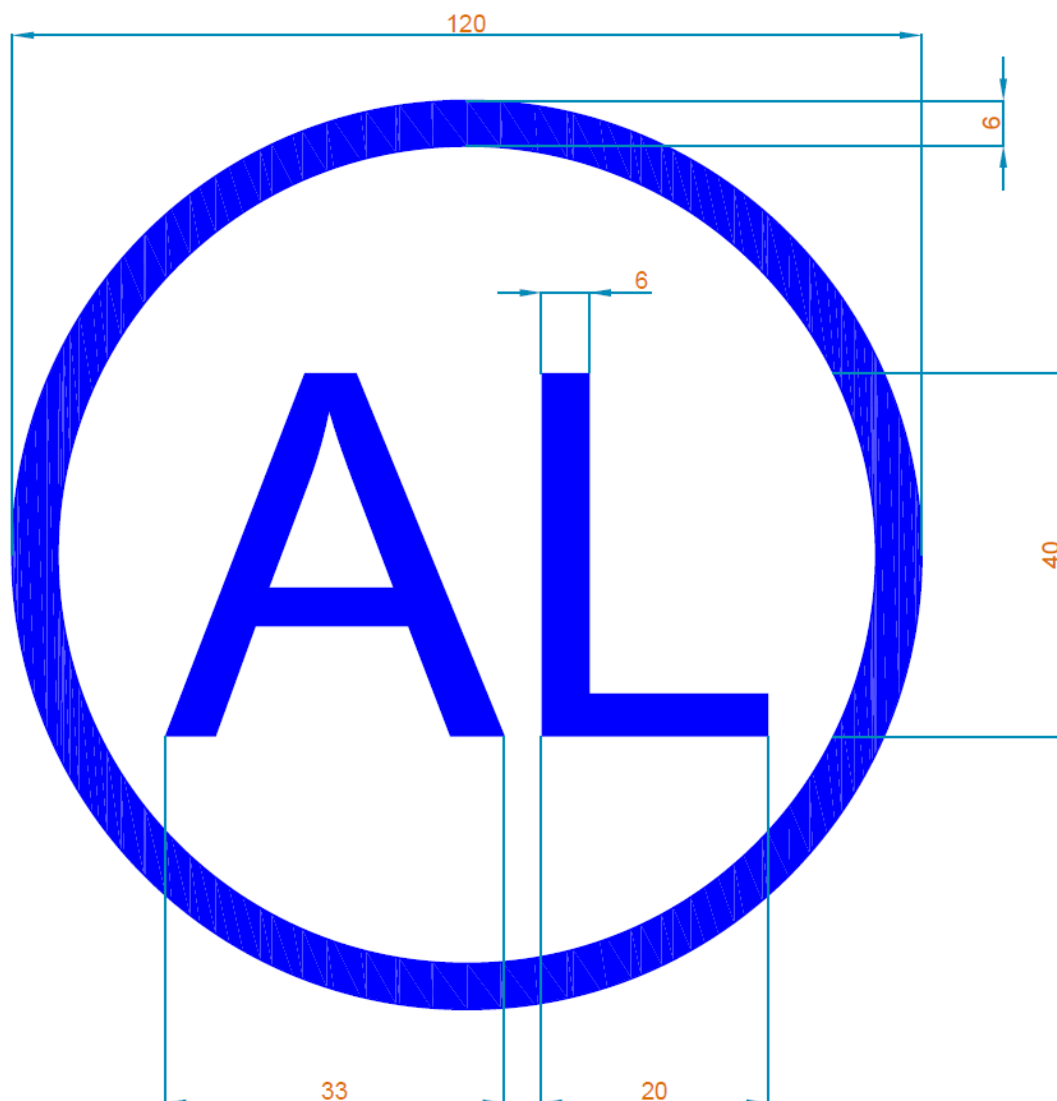
1) Potência

3) Número patrimonial

2) Elo

4) Nome da empresa

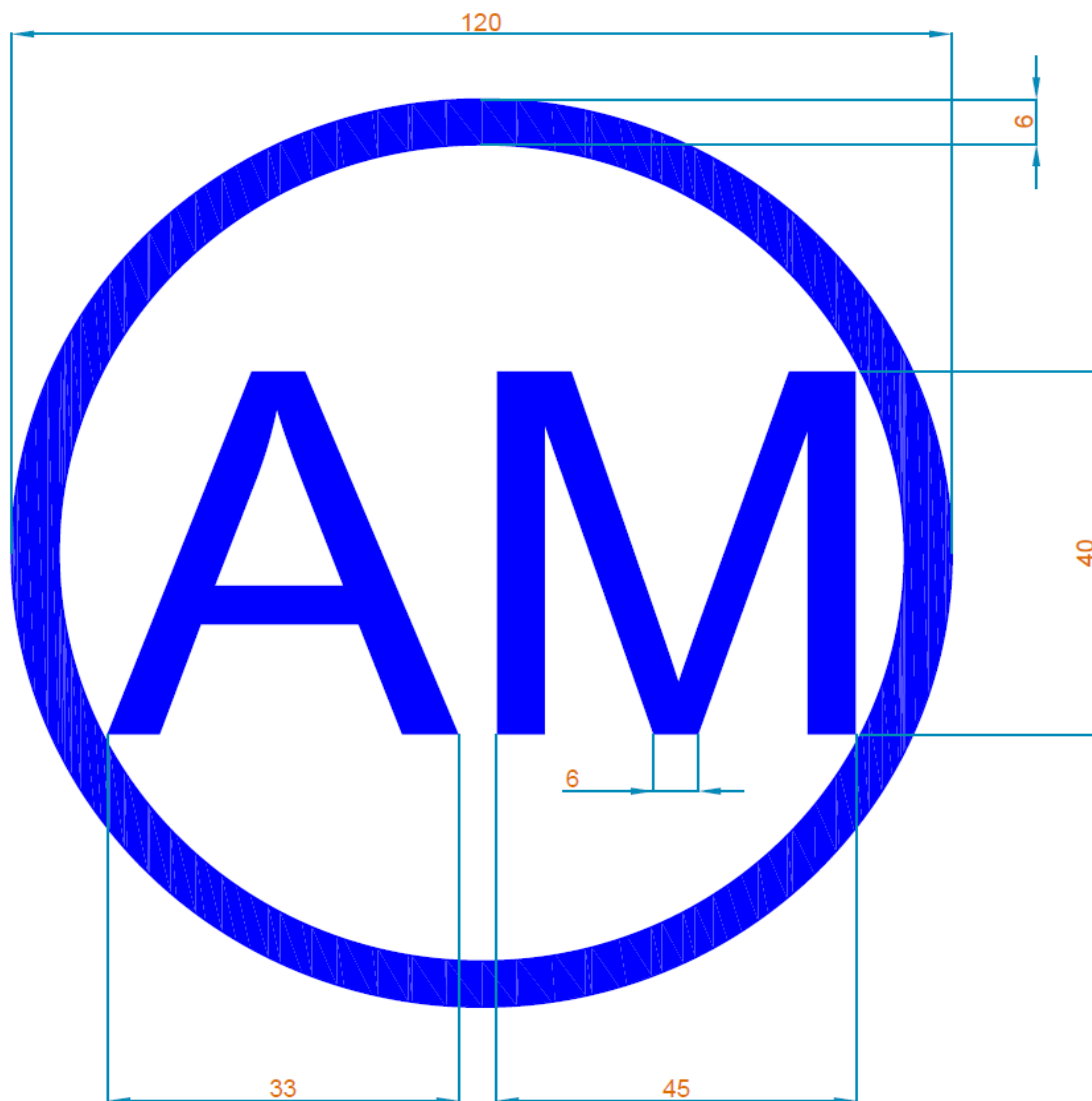
DESENHO 13 - Simbologia de identificação de enrolamentos em alumínio



NOTAS:

- I. Dimensões em milímetros (mm).

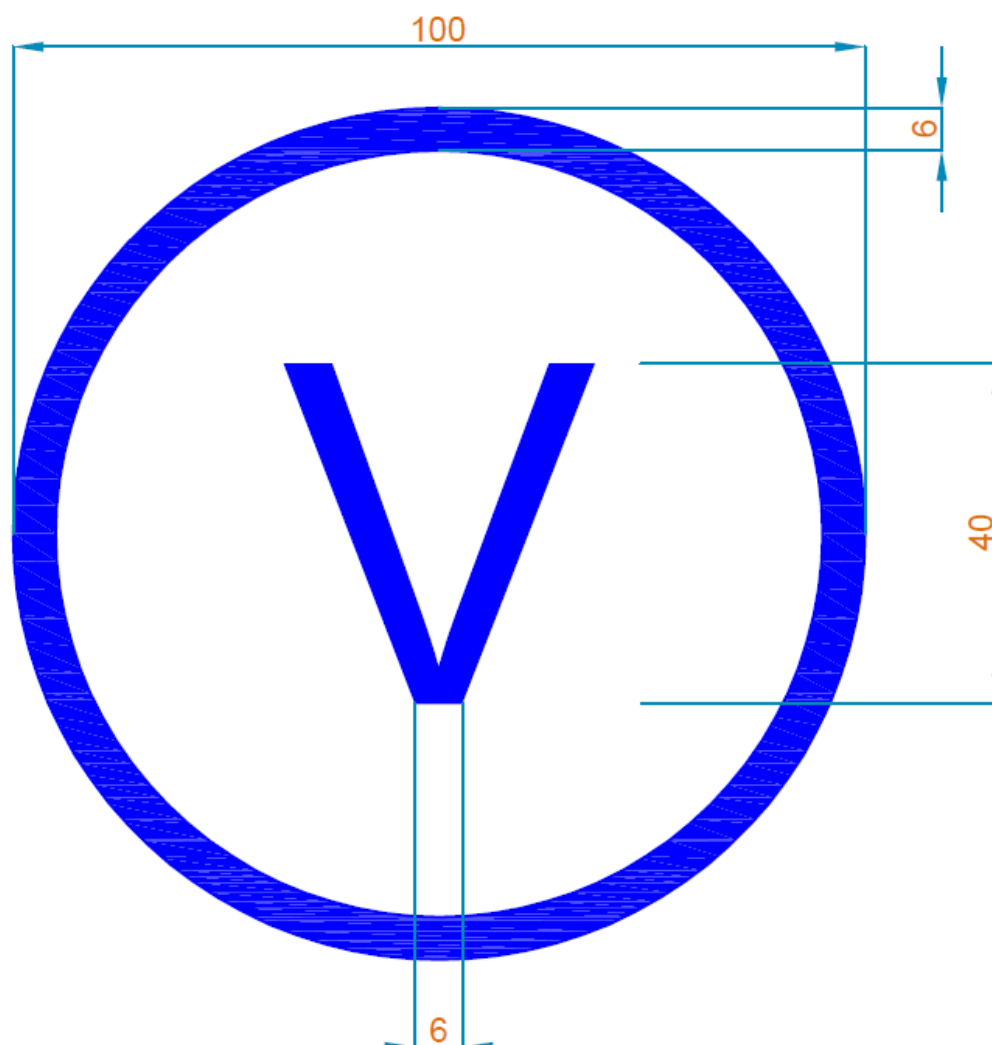
DESENHO 14 - Simbologia de identificação de núcleo de metal amorfo



NOTAS:

- I. Dimensões em milímetros (mm).

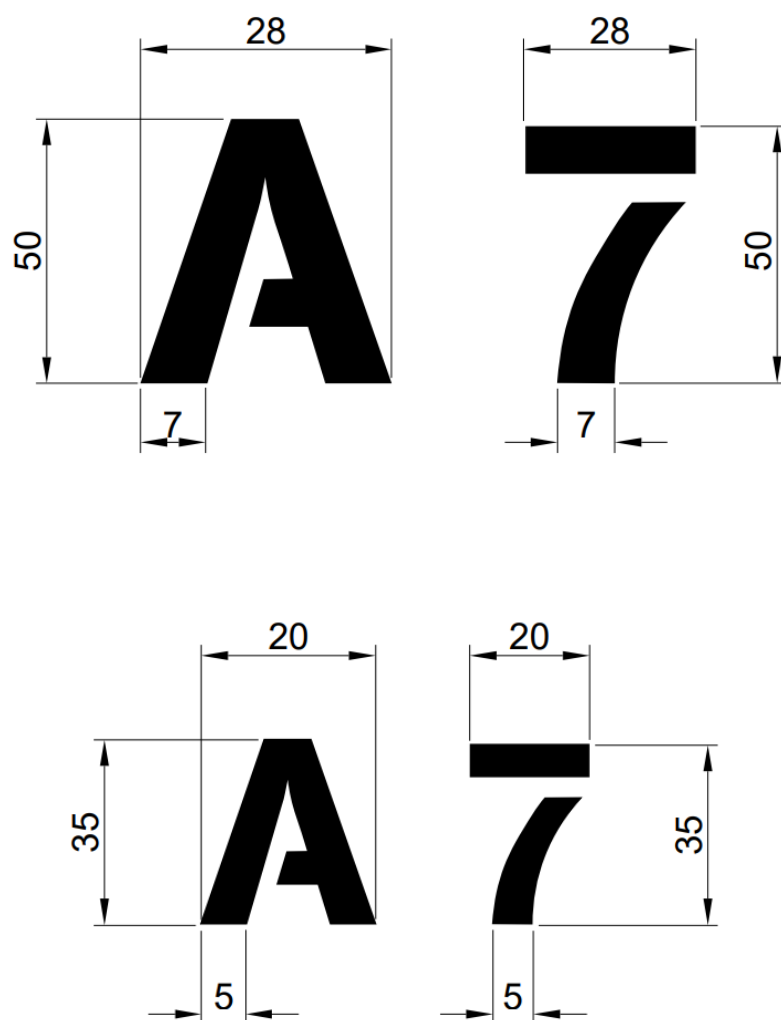
DESENHO 15 - Simbologia de identificação de óleo vegetal isolante



NOTAS:

- I. Dimensões em milímetros (mm).

DESENHO 16 - Modelo das letras e números



NOTAS:

- I. Dimensões em milímetros (mm);
- II. Outros modelos de letras e números podem ser aceitos, mediante aprovação previa da Energisa.

DESENHO 17 - Etiqueta nacional de conservação de energia (ENCE)

Tamanho normal

		82 mm	
		57 mm	25 mm
123 mm	35 mm	Energia (Elétrica) Fornecedor Modelo Tipo Potência (kVA) Classe de Tensão (kV)	TRANSFORMADOR EM LÍQUIDO ISOLANTE PARA REDE DE DISTRIBUIÇÃO ABCDEF XYZ(Logo) ABC 1 2 3 ABC 1 2 3 ABC 1 2 3
	25 mm	Perdas máximas (tap nominal) - Vazio (W) - Totais (W) Relação de Transformação	
	25 mm	Perdas máximas (tap crítico) - Vazio (W) - Totais (W) Relação de Transformação	
	8 mm	NBI (kV)	
	30 mm	 Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica  Eletrobras	
		Etiqueta Nacional de Conservação de Energia - ENCE Transformadores de Distribuição em Líquido Isolante Relatório ___ / ___ - XXX  INMETRO IMPORTANTE: FICA PROIBIDA A REMOÇÃO DESTA ETIQUETA DO EQUIPAMENTO.	

NOTA:

I. Dimensões em milímetros (mm).

DESENHO 17 - Etiqueta nacional de conservação de energia (ENCE) - Continuação

Tamanho reduzida

70,00		60,00			
60,00	Energia (Elétrica) Fornecedor Modelo Tipo Potência (kVA) Classe de Tensão (kV)		TRANSFORMADORES DE DISTRIBUIÇÃO EM LÍQUIDO ISOLANTE		30,00
	PERDAS MÁXIMAS (tap nominal) - Vazio (W) 00000 - Totais (W) 00000 - Relação Transformação 00000				
60,00	 PROGRAMA NACIONAL DE CONSERVAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA				30,00
	Etiqueta Nacional de Conservação de Energia - ENCE Transformadores de Distribuição em Líquido Isolante Rotetário ____/____-XXX Eletrobras				
	PERDAS MÁXIMAS (tap crítico) - Vazio (W) 00000 - Totais (W) 00000 - Relação Transformação 00000		NBI (kV) 00000		
	70,00		60,00		

IMPORTANTE: FICA PROIBIDA A REMOÇÃO DESTA ETIQUETA DO EQUIPAMENTO.

NOTA:

I. Dimensões em milímetros (mm).

DESENHO 18 - Etiqueta autoadesiva “ISENTO DE PCB” - Modelo

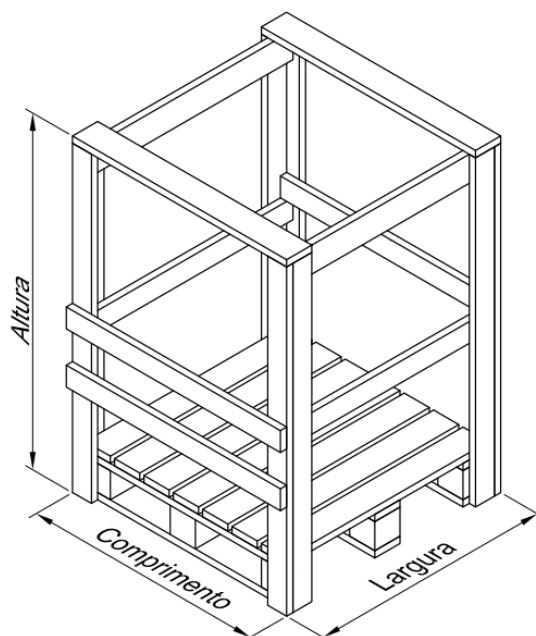


NOTAS:

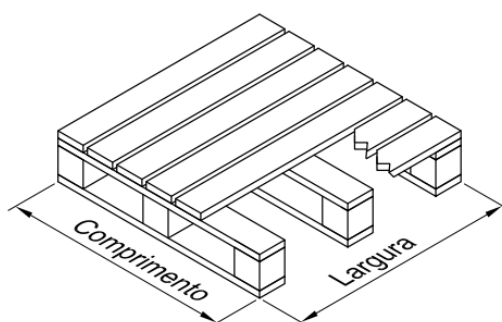
- I. Etiqueta autocolante para uso ao tempo;
- II. Todas as letras são em fonte padrão Arial.

DESENHO 19 - Embalagem de transporte tipo engradado (modelo)

Estrutura da embalagem de transporte com a base



Base da embalagem



Os dimensionais da embalagem de transporte, do tipo engradado, devem ser conforme projeto do fabricante, admitidos as tolerâncias de ± 50 mm para a largura e comprimento, e ± 25 mm para altura.

A espessura das réguas de madeira utilizadas na confecção da embalagem deve ser, no mínimo, de 25 mm. O reforço central é obrigatório para transformadores com massa total superior à 250 kg.

20 ANEXOS

ANEXO 1 - Quadro de dados técnicos e características garantidas

TRANSFORMADOR DE DISTRIBUIÇÃO

Nome do fabricante:

N.º da licitação:

N.º da proposta:

Item	Descrição	Características / Unidades
1	Tipo/modelo:	
2	Código do material:	
2.1	a) Código fabricante:	
2.2	b) Código Energisa:	
3	Norma aplicável (nacional ou internacional):	
4	Característica elétrica:	
4.1	a) Potência nominal:	kVA
4.2	b) Níveis de tensão:	kV
4.3	c) Tensões nominais:	
4.3.1	• Enrolamento primário (MT):	kV
4.3.2	• Enrolamento secundário (BT):	V
4.4	d) Classe de tensão:	
4.5	e) Tensões de derivação:	
4.5.1	• Derivação 1:	kV
4.5.2	• Derivação 2:	kV
4.5.3	• Derivação 3:	kV
4.5.4	• Derivação 4:	kV
4.5.5	• Derivação 5 (quando aplicável):	kV
4.6	f) Frequência:	Hz
4.7	g) Nível de isolamento:	
4.7.1	• Primário (MT):	

ANEXO 1 - Quadro de dados técnicos e características garantidas - Continuação

Item	Descrição	Características / Unidades
4.7.1.1	○ Tensão suportável nominal de impulso atmosférico - onda plena:	kV _{cr}
4.7.1.2	○ Tensão suportável nominal de impulso atmosférico - onda plena reduzida:	kV _{cr}
4.7.1.3	○ Tensão suportável nominal de impulso atmosférico - onda cortada:	kV _{ef}
4.7.1.4	○ Tensão suportável nominal em frequência industrial durante 1,0 min.:	kV _{ef}
4.7.2	• Secundário (BT):	
4.7.2.1	○ Tensão suportável nominal de impulso atmosférico - onda plena:	kV _{cr}
4.7.2.2	○ Tensão suportável nominal de impulso atmosférico - onda plena reduzida:	kV _{cr}
4.7.2.3	○ Tensão suportável nominal de impulso atmosférico - onda cortada:	kV _{ef}
4.7.2.4	○ Tensão suportável nominal em frequência industrial durante 1 min:	kV _{ef}
4.8	h) Elevação de temperatura na derivação de _____ V:	
4.8.1	• Dos enrolamentos (método da variação da resistência):	°C
4.8.2	• Do ponto mais quente dos enrolamentos:	°C
4.8.3	• Do óleo isolante (medida próximo à superfície do líquido):	°C
4.8.4	• Isolamento com papel termo estabilizado:	Sim / não
4.9	i) Tensão de curto-circuito a _____ °C:	
4.9.1	• Na base _____ kV:	%
4.9.2	• Na relação _____ kV:	%
4.10	j) Corrente de excitação, na derivação principal, em elevação de temperatura de _____ °C:	%
4.11	k) Perdas, na derivação principal, em elevação de temperatura de _____ °C:	
4.11.1	• Em vazio:	W
4.11.2	• Totais:	W
4.12	l) Regulação, na derivação principal, em elevação de temperatura de _____ °C:	
4.12.1	• Fator de potência da carga igual a 0,8, a 75 °C:	%
4.12.2	• Fator de potência da carga igual a 1,0, a 75 °C:	%

ANEXO 1 - Quadro de dados técnicos e características garantidas - Continuação

Item	Descrição	Características / Unidades
4.13	m) Rendimento, na derivação principal, em elevação de temperatura de _____ °C:	
4.13.1	• Fator de potência a 0,8 %, com carga de:	
4.13.1.1	○ 25 % da potência nominal:	%
4.13.1.2	○ 50 % da potência nominal:	%
4.13.1.3	○ 75 % da potência nominal:	%
4.13.1.4	○ 100 % da potência nominal:	%
4.13.2	a) Fator de potência a 1,0 %, com carga de:	
4.13.2.1	○ 25 % da potência nominal:	%
4.13.2.2	○ 50 % da potência nominal:	%
4.13.2.3	○ 75 % da potência nominal:	%
4.13.2.4	○ 100 % da potência nominal:	%
4.14	n) Máxima tensão de rádio interferência:	µV
5	Característica dimensional:	
5.1	a) Massas:	
5.1.1	• Parte ativa:	kg
5.1.2	• Tanque e tampa:	kg
5.1.3	• Líquido isolante:	kg
5.1.4	• Total:	kg
5.2	b) Grupo de ligação:	
5.3	c) Nível de ruído:	dB
5.4	d) Classe de temperatura do material isolante:	
5.5	e) Tipo de resfriamento:	
5.6	f) Material dos enrolamentos:	
5.6.1	• Enrolamentos primários (MT):	
5.6.2	• Enrolamentos secundários (BT):	
5.7	g) Espessura das chapas:	
5.7.1	• Tampa:	mm
5.7.2	• Corpo:	mm

ANEXO 1 - Quadro de dados técnicos e características garantidas - Continuação

Item	Descrição	Características / Unidades
5.7.3	• Fundo:	mm
5.7.4	• Tubos, radiadores ou aletas:	mm
5.8	h) Dispositivo de alívio de pressão:	
5.8.1	• Pressão de alívio:	
5.8.2	• Pressão de vedação:	
5.8.3	• Taxa de vazão:	
5.8.4	• Taxa de admissão de ar:	
5.8.5	• Temperatura de operação:	
6	Líquido isolante:	
6.1	a) Tipo/Designação:	
6.2	b) Características:	
6.3	c) Volume:	L
7	Informar o método de preparo da chapa, tratamento anticorrosivo, e esquema de pintura interna e externa a serem utilizados:	
8	Embalagem:	
8.1	a) Tipo de embalagem:	
8.2	b) Quantidade de unidade:	
8.3	c) Peso da embalagem:	kg

NOTAS:

- I. O fabricante deve fornecer em sua proposta todas as informações requeridas no Quadro de Dados Técnicos e Características Garantidas;
- II. Se forem submetidas propostas alternativas cada uma delas deve ser submetida com o Quadro de Dados Técnicos e Características Garantidas específico, claramente preenchido, sendo que cada quadro deve ser devidamente marcado para indicar a qual proposta pertence;
- III. Erro no preenchimento do quadro de características poderá ser motivo para desclassificação;



ANEXO 1 - Quadro de dados técnicos e características garantidas - Continuação

- IV. Todas as informações requeridas no Quadro de Dados Técnicos e Características Garantidas devem ser compatíveis com as informações descritas em outras partes da proposta de fornecimento. Em caso de dúvidas as informações prestadas no referido quadro prevalecerão sobre as descritas em outras partes da proposta;
- V. O fabricante deve garantir que a performance e as características dos equipamentos a serem fornecidos estarão em conformidade com as informações aqui apresentadas.

ANEXO 2 - Quadro de desvios técnicos e exceções

QUADRO DE DESVIOS TÉCNICOS E EXCEÇÕES

Nome do fabricante:

N.º da licitação:

N.º da proposta:

A documentação técnica de concorrência será integralmente aceita pelo proponente, à exceção dos desvios indicados neste item.

Referência	Descrição



ANEXO 3 - Inspeção geral dos transformadores

Na inspeção geral dos transformadores devem ser verificados, no mínimo, os aspectos e características apresentados a seguir:

a) Tanque:

- Parte interna:
 - Ausência de escorrimento, empolamento e enrugamento da pintura;
 - Marcação do nível do óleo isolante;
 - Ausência de sujeiras no fundo do tanque, tais como borra, celulose, limalha, areia etc.;
 - Ausência de ferrugem no tanque e nos radiadores;
 - Ausência de respingos da pintura externa;
 - Inspeção visual da pintura (inclusive radiadores ou tubos)
- Parte externa:
 - Ausência de escorrimento, empolamento e enrugamento da pintura;
 - Marcação dos terminais de primários e secundários, conforme item 10.4;
 - Simbologia do transformador, conforme item 10.5;
 - Numeração de patrimônio, conforme item 6.8;
 - Marcação do número de série na alça de suspensão e na tampa.

b) Núcleo:

- Ausência de oxidação e borras;
- Aterramento;
- “Gaps” e empacotamento.

ANEXO 3 - Inspeção geral dos transformadores - Continuação

c) Bobinas:

- Ausência de deformação por aperto excessivo dos tirantes, calços etc.;
- Rigidez mecânica das bobinas e dos calços;
- Canais para circulação de óleos desobstruídos;
- Flexibilidade dos cabos de interligação às buchas do primário;
- Verificação do tipo de papel utilizado;
- Qualidade do enrolamento: uniformidade, ausência de remonte de espiras, impregnação.

d) Tirantes, barras de aperto e olhais para suspensão:

- Inspeção visual da pintura;
- Ausência de oxidação nas partes não pintadas;
- Rigidez mecânica dos tirantes e barras de aperto;
- Qualidade e localização dos olhais para suspensão da parte ativa;
- Ausência de isolamento nas áreas de contato de fixação da parte ativa ao tanque;
- Marcação do número de série.

NOTA:

- I. Caso haja acompanhamento de fabricação por parte da Energisa, a inspeção visual da parte ativa dos transformadores pode ser realizada durante a fabricação, a critério do inspetor.

