

# Eletropaulo

## **NTE-8.455**

---

**TRANSFORMADORES SUBTERRÂNEOS SUBMERSÍVEIS  
COM ÓLEO VEGETAL**

**Norma Técnica da Eletropaulo**

**Diretoria de Engenharia  
Gerencia de Tecnologia da Distribuição**

---

**FOLHA DE CONTROLE DE PUBLICAÇÕES**
**NTE-8.455 – NORMA TÉCNICA**

<b>ELABORADO POR:</b>	Antonio João Monteiro Alexandre Herculano Fernandes Alex Rivolta	Gerência de Tecnologia da Distribuição
<b>COLABORADORES:</b>	Angelo A. Quintão	Gerência de Tecnologia da Distribuição
	Vagner de Sousa Bezerra	
	Ronaldo Policarpo	
	Jaqueline Valério	Gerência de Serviços Técnicos
	Vladimir Xavier Batista	Gerência de Meio Ambiente
	Clay Marcos Martins Rafael Moreno	Gerência de Gestão do Sistema Subterrâneo
<b>APROVAÇÃO:</b>	Angelo A. Quintão	Coordenador de Engenharia da Gerência de Tecnologia da Distribuição
	Marcus Martinelli	Gerente de Tecnologia da Distribuição
<b>DATA:</b>	03/2018	
<b>VERSÃO:</b>	3.0	

REVISÃO	DATA	ITENS	ELABORAÇÃO	APROVAÇÃO
0	02/15	Elaboração	Antonio J. Monteiro/ Rogério Carneiro/ Alexandre Teixeira de Souza Machado	Gerson L. Pimentel/ Angelo A. Quintão
1	06/17	Alterado os itens 2,5.3.4,5.4.4,5.5.4,tabela 1, 5.6.8.4, 5.6.9.2, 5.6.12.1, 5.7.2, 5.6.30.3, tabela 3, 6.3.2, tabela 5, 6.8.5, tabela 5 e 7.4.2.1.	Antonio J. Monteiro/ Clay Martins	Antonio Almeida/ Angelo A. Quintão
2	09/17	Alterado os itens 5.6.12.1, tabela 3, 6.8.5 e 7.4.2(C).	Antonio J. Monteiro	Antonio Almeida/ Angelo A. Quintão
3	03/18	Revisão Geral	Antonio J. Monteiro/ Alexandre Herculano/ Alex Rivolta	Marcus Martinelli/ Angelo A. Quintão

---

## INDICE

<b>1. OBJETIVO</b>	<b>5</b>
<b>2. NORMAS E DOCUMENTOS COMPLEMENTARES</b>	<b>5</b>
<b>3. DESENHOS PADRONIZADOS DA ELETROPAULO6</b>	
<b>4. DEFINIÇÕES</b>	<b>7</b>
4.1. Sistema reticulado	7
4.2. Sistema radial simples	7
4.3. Sistema radial seletivo	7
<b>5. CONDIÇÕES GERAIS</b>	<b>7</b>
5.1. Condições gerais de serviço	7
5.2. Manual de instruções	8
5.3. Desenhos	8
5.4. Garantia	9
5.5. Projeto geral	10
5.6. Características construtivas	10
5.7. Identificação do transformador	25
5.8. Suporte para descanso do desconectável	25
5.9. Transporte	25
5.10. Proteção catódica	26
5.11. Cálculo da Massa do Anodo	26
<b>6. CONDIÇÕES ESPECÍFICAS</b>	<b>27</b>
6.1. Potências nominais	27
6.2. Derivações e relação de tensões	27
6.3. Tensão de despacho	28
6.4. Níveis de isolamento	28
6.5. Frequência nominal	28

---

<b>6.6.</b>	<b>Deslocamento angular e diagrama fasorial</b>	<b>28</b>
<b>6.7.</b>	<b>Perdas</b>	<b>29</b>
<b>6.8.</b>	<b>Corrente de excitação I<sub>0</sub> (%)</b>	<b>30</b>
<b>6.9.</b>	<b>Impedância de curto-circuito Z (%)</b>	<b>30</b>
<b>6.10.</b>	<b>Requisitos do dielétrico</b>	<b>31</b>
<b>6.11.</b>	<b>Limites de elevação de temperatura</b>	<b>31</b>
<b>6.12.</b>	<b>Estanqueidade e resistência à pressão</b>	<b>31</b>
<b>6.13.</b>	<b>Nível de ruído</b>	<b>31</b>
<b>6.14.</b>	<b>Capacidade de suportar curto-circuito</b>	<b>32</b>
<b>6.15.</b>	<b>Análise cromatográfica dos gases dissolvidos no óleo vegetal isolante</b>	<b>32</b>
<b>7.</b>	<b>INSPEÇÃO</b>	<b>33</b>
<b>7.1.</b>	<b>Generalidades</b>	<b>33</b>
<b>7.2.</b>	<b>Ensaio</b>	<b>33</b>
<b>7.3.</b>	<b>Execução de ensaios</b>	<b>35</b>
<b>7.4.</b>	<b>Amostragem</b>	<b>37</b>
<b>8.</b>	<b>ACEITAÇÃO OU REJEIÇÃO</b>	<b>39</b>
<b>8.1.</b>	<b>Aceitação do protótipo</b>	<b>39</b>
<b>8.2.</b>	<b>Aceitação ou rejeição nos ensaios de recebimento</b>	<b>39</b>
<b>9.</b>	<b>Homologação do Fornecedor</b>	<b>40</b>
	<b>ANEXO A - ENSAIO DE DESCARGAS PARCIAIS</b>	<b>41</b>
	<b>ANEXO B – IDENTIFICAÇÃO DO EQUIPAMENTO ISENTO DE PCB</b>	<b>43</b>

## 1. OBJETIVO

Esta Norma estabelece os requisitos mínimos exigíveis para fornecimento de transformadores trifásicos subterrâneos submersíveis, imersos em óleo isolante vegetal, utilizados nos sistemas de distribuição, potências nominais de 500 a 2.000 kVA, tensão máxima do equipamento até 36,2 kV, destinada à ELETROPAULO METROPOLITANA ELETRICIDADE DE SÃO PAULO S.A.

## 2. NORMAS E DOCUMENTOS COMPLEMENTARES

Na aplicação desta Norma, poderá ser necessário consultar:

NBR 5161	Produtos laminados planos de aço para fins elétricos – Verificação das propriedades.
NBR 5173	Fio de cobre de seção circular isolado com fibras.
NBR 5356-1	Transformadores de potência - Parte 1: Generalidades.
NBR 5356-2	Transformadores de potência - Parte 2: Aquecimento.
NBR 5356-3	Transformadores de potência - Parte 3: Níveis de isolamento, ensaios dielétricos e espaçamentos externos em ar.
NBR 5356-4	Transformadores de potência - Parte 4: Guia para ensaio de impulso atmosférico e de manobra para transformadores e reatores.
NBR 5356-5	Transformadores de potência - Parte 5: Capacidade de resistir a curtos-circuitos.
NBR 5356-7	Transformadores de potência - Parte 7: Guia de carregamento para transformadores imersos em líquido isolante.
NBR 5458	Transformador de potência – Terminologia.
NBR 5906	Bobinas e chapas laminadas a quente de aço-carbono para estampagem – Especificação.
NBR 5915-1	Chapas e bobinas de aço laminadas a frio – Parte 1 - Requisitos.
NBR 6323	Galvanização de produto de aço ou ferro fundido – Especificação.
NBR 6648	Bobinas e chapas grossas de aço-carbono para uso estrutural – Especificação.
NBR 6649	Bobinas e chapas finas a frio de aço-carbono para uso estrutural – Especificação.
NBR 6650	Bobinas e chapas finas a quente de aço-carbono para uso estrutural – Especificação.
NBR 7036	Recebimento, instalação e manutenção de transformadores de potência para distribuição, imerso em líquidos isolantes.
NBR 11003	Tintas determinação da aderência.
NBR 11888	Bobinas e chapas finas a frio e a quente de aço-carbono e aço de baixa liga e alta resistência – Requisitos Gerais.
NBR12105	Tintas – Determinação da consistência pelo viscosímetro STORMER
NBR13882	Líquidos isolantes elétricos – Determinação do teor de bifenilas policloradas (PCB).
NBR15422	Óleo vegetal isolante para equipamentos elétricos.
NBRIEC60085	Isolação elétrica — Avaliação térmica e designação.

---

NTE 044	Acessórios isolados desconectáveis para cabos de potência para tensões de 15 kV a 35 kV Especificação (ELETROPAULO).
NBR 16518	Óleo vegetal isolante para equipamentos elétricos – Diretrizes para supervisão e manutenção.
NTE 040	Válvula de alívio de pressão para transformadores submersíveis e os transformadores pedestais (ELETROPAULO).
OECD 301B	Ready Biodegradability - Biodegradation of Chemicals by Activated Sludge Micro-Organisms.
EPA OPPTS 835.3110	Fate, Transport, and Transformation Test Guidelines - Ready Biodegradability.
OECD 203	Fish, Acute Toxicity Test.

### 3. DESENHOS PADRONIZADOS DA ELETROPAULO

MP-60-27	Bucha com cavidade de inserção curta 200 A – 15 kV;
MP-60-34	Bucha com cavidade de inserção curta 200 A – 36,2 kV;
MP-72-01	Transformador submersível para sistema radial classe 15/ 25 kV;
MP-72-02	Transformador submersível para sistema reticulado classe 25 kV;
MP-72-03	Bucha Secundária Classe 1,3 kV 1875 A (RD);
MP-72-04	Bucha Secundária Classe 1,3 kV 3500 A (RD);
MP-72-09	Flange para fixação da bucha de cavidade de inserção (RD/RT).
MP-72-10	Flange para fixação da proteção das buchas desconectáveis Primárias (RD/RT);
MP-72-11	Flange para fixação da proteção das buchas de tensão secundária (RD/RT);
MP-72-12	Proteção para buchas de tensão primária desconectável (RD/RT);
MP-72-14	Proteção para buchas de tensão secundária (RD);
MP-72-15	Proteção para buchas de tensão secundária (RT);
MP-72-19	Conector terminal secundário (RD/RT);
MP-72-20	Terminal neutro para transformadores de 500 kVA (RD/ RT);
MP-72-21	Terminal neutro para transformador de 750 kVA (RD/ RT);
MP-72-22	Dispositivo para enchimento de gás (RD/RT);
MP-72-23	Bujão para enchimento de óleo e ligação do filtro prensa (RD/RT);
MP-72-24	Termômetro (RD/RT);
MP-72-25	Indicador tipo visor de nível do óleo isolante (RD/RT);
MP-72-26	Válvula globo para drenagem (RD/RT);
MP-72-28	Placa de identificação (RD/RT);
MP-72-29	Monovacuometro (RD/RT);
MP-72-30	Terminal para aterramento (RD/RT);
MP-72-33	Janela de inspeção do transformador submersível tipo radial (RD);
MP-72-35	Suporte para descanso do desconectável (RT/RD);
MP-72-37	Bucha Secundária Classe 1,3 kV 1875 A (RT);
MP-72-38	Bucha Secundária Classe 1,3 kV 3500 A (RT);
MP-72-39	Conexão Flexível 1875 A (RT);
MP-72-40	Conexão Flexível 3500 A (RT).

---

**Nota:** Os símbolos entre parênteses indicam se os desenhos se referem os transformadores para sistemas radiais (RD), para sistemas reticulados (RT) ou ambos (RD/RT).

## 4. DEFINIÇÕES

Para os efeitos desta Norma são adotadas as definições 4.1, 4.2 e 4.3, bem como a definição constante na norma NBR-5458.

### 4.1. Sistema reticulado

Caracteriza-se por ter os enrolamentos secundários de todos os transformadores de distribuição de uma determinada área rigidamente ligadas em paralelo, formando uma extensa rede. Nesse sistema a rede primária é do tipo radial e o suprimento dos transformadores de distribuição é efetivado através de ligações alternadas. Na rede da ELETROPAULO, cada "Network" contempla 4 (quatro) alimentadores primários. É dotado de disjuntores a ar (Network Protector), nos secundários dos transformadores para evitar a realimentação do alimentador primário em caso de defeito no mesmo ou desligamento do seu disjuntor de saída na estação.

### 4.2. Sistema radial simples

É um sistema no qual o circuito não apresenta pontos de interligação entre si, portanto o restabelecimento do serviço quando a ocorrência de defeito está na dependência do reparo do circuito.

### 4.3. Sistema radial seletivo

É um sistema constituído de dois circuitos que alimentam um conjunto de cargas, cada uma com suprimento normal por um dos alimentadores e a reserva pelo outro.

**Nota:** Para simplificação desta Norma, o termo "transformador subterrâneo submersível" será designado apenas por "transformador".

## 5. CONDIÇÕES GERAIS

### 5.1. Condições gerais de serviço

As condições gerais de serviço devem estar de acordo com os requisitos a seguir:

- a) Temperatura ambiente não superior a 40°C e temperatura média, em qualquer período de 24 horas, não superior a 30°C;
- b) Altitude não superior a 1.000 m;
- c) Tensão de alimentação aproximadamente senoidal e tensões de fase, que alimentam um transformador polifásico, aproximadamente iguais em módulo e defasagem;

---

d) Corrente de carga aproximadamente senoidal e fator harmônico não superior a 0,05pu, conforme NBR-5356.

e) Os transformadores devem ser projetados para funcionamento como abaixadores;

f) Instalação em câmaras, abaixo do nível do solo, onde há possibilidade de submersão de qualquer natureza.

## **5.2. Manual de instruções**

**5.2.1.** O fabricante deve fornecer 01 (uma) cópia do manual de instrução fornecido eletronicamente em formato PDF para cada projeto, no início do fornecimento, contendo instruções técnicas e outros dados necessários para instalação, ensaios, operação e manutenção dos transformadores, bem como as informações completas dos materiais usados na construção dos transformadores, conforme NBR-7036.

**5.2.2.** Os manuais de instruções devem ser fornecidos juntamente com os desenhos para cada lote.

## **5.3. Desenhos**

Junto com a proposta, o fabricante deve fornecer à ELETROPAULO 01 (uma) cópia dos seguintes desenhos:

a) Contorno cotado de cada tipo e potência do transformador mostrando a localização dos acessórios e dimensões reais necessárias ao projeto de instalação do transformador;

b) Contorno das buchas de AT e BT (informar no desenho o fabricante), incluindo detalhes dos terminais;

c) Placa de identificação e diagramática;

d) Tampa principal;

e) Tampa de inspeção se houver;

f) Base do transformador;

g) Guarnições especificando o material, quantidade e localização;

h) Todos os acessórios exigidos;

i) Radiadores;

j) Parte ativa com suas respectivas dimensões, como é constituída e posições;

- 
- k) Válvula de alívio de pressão deve possuir direcionador lateral de óleo e dispositivo de indicação da atuação com sistema contra travamento, a mesma deve ser homologada pela ELETROPAULO;
  - l) Comutador de tensão (informar no desenho o nome do fabricante e tipo), o mesmo deve ser homologado pela ELETROPAULO;
  - m) Qualquer outro desenho julgado necessário para avaliação técnica do projeto, a critério da ELETROPAULO;
  - n) Local de instalação dos anodos, com os respectivos dimensionais.

**Nota:** Não será aceito desenho orientativo.

**5.3.1.** A aprovação dos desenhos não isenta o fabricante de responsabilidade por sua exatidão, nem do fornecimento do equipamento de acordo com as exigências da ELETROPAULO.

**5.3.2.** A natureza do material de cada item dos desenhos deve ser especificada claramente, sem o uso de códigos.

**5.3.3.** Os desenhos fornecidos eletronicamente em formato PDF ou DWG para cada projeto, no início do fornecimento, devem ser originais. Poderão ser aceitos catálogos de terceiros, desde que previamente carimbados e aprovados pelo proponente.

**5.3.4.** A ELETROPAULO fornecerá ao Fabricante uma planilha para preenchimento dos resultados obtidos nos ensaios finais, o não fornecimento desta planilha preenchida pode implicar do não recebimento do material ou do faturamento do mesmo.

## **5.4. Garantia**

**5.4.1.** A aceitação da encomenda pelo fabricante implica na aceitação incondicional de todos os requisitos desta Norma.

**5.4.2.** O fabricante deve garantir a eficiência de operação do transformador por um período de 24 meses, a partir da data de emissão da nota fiscal ou do estipulado para licitação ou do citado no contrato de compra. Qualquer defeito que se apresentar durante esse período, por responsabilidade do fabricante, deve ser reparado às suas custas e sem qualquer ônus para esta Empresa. A data do defeito deve ser confirmada por um documento interno da ELETROPAULO. No caso de qualquer defeito em uma parte vital que possa afetar a segurança operacional do transformador, um novo período de garantia deve entrar em vigor a partir da reenergização do transformador, período este que deve ser de 24 (vinte e quatro) meses.

**5.4.3.** As partes metálicas externas, tais como tanque, tampas e radiadores devem ser garantidos contra a corrosão, por um período de 5 (cinco) anos a contar da data da nota fiscal.

**5.4.4.** Caso o transformador vir apresentar defeito oculto ou erro de projeto a garantia acima não se aplica e o fabricante deve realizar a adequação do equipamento sem nenhum custo para a ELETROPAULO.

**5.4.5.** O fabricante deverá informar a expectativa de vida útil do transformador, considerando condições normais de operação.

## **5.5. Projeto geral**

**5.5.1.** O projeto de todos os transformadores deve adotar os aperfeiçoamentos tecnológicos comprovados, bem como atender as condições de operação, de instalação, de manutenção e de transporte conforme previsto na NBR5356-1, além das qualidades exigíveis como exemplo destacamos que o transformador esta sujeito a ambientes com temperaturas ambientes acima de 50°C e umidade 100% (URA) onde são instalados em locais com grande circulação de pessoas onde deve ser compatíveis com o alto grau de confiabilidade necessária a este tipo de transformadores.

**5.5.2.** Quando forem fornecidos transformadores em uma dada encomenda com a mesma norma de fabricação, os mesmos devem ser essencialmente iguais, com todas as peças correspondentes intercambiáveis.

**5.5.3.** O projeto do transformador deve garantir que o transformador suporte sobretensões em regime de operação no mínimo de 10% sem que ocorra saturação do núcleo (corrente excitação).

## **5.6. Características construtivas**

**5.6.1.** Todas as junções metálicas devem ser soldadas externamente (radiadores, fundos com laterais etc.).

### **5.6.2. Tanque**

**5.6.2.1.** O tanque deve ser de construção selada, de chapa de aço, com espessuras indicadas na TABELA 1.

**TABELA 1 - ESPESSURAS DE CHAPAS**

<b>UTILIZAÇÃO</b>	<b>ESPESSURA (mm)</b>
Tanque e paredes laterais	6,35
Tampa e fundo	9,52
Radiadores tipo tubo	1,80
Radiadores tipo aleta	2,25 (*)

---

**Nota: (\*)** O proponente pode construir radiador aleta com chapa de 1,8 mm, desde que:

- Chapa de aço carbono SAE J403 1006-2001 Cosipa;
- Solda continua (costura) nas cabeceiras e laterais;
- Pontos de solda nos canais, longitudinal a cada 10 mm.

**5.6.2.2.** A chapa do tanque deve estar de acordo com as normas NBR-6648, NBR-6649, NBR-6650 e NBR-11888, no que for aplicável.

**5.6.2.3.** As chapas dos radiadores devem estar de acordo com a NBR-5906 e NBR-5915 e no caso de tubos devem resistir aos ensaios previstos na NBR-5356-1.

**5.6.2.4.** Os radiadores devem ser soldados ao tanque de modo a não dificultarem a ligação dos cabos primários e secundários.

**5.6.2.5.** O tanque deve ter dimensões e formato de maneira que a pressão interna no espaço gasoso resultante de operação à potência nominal, após estabilização térmica, não exceda a 0,05 MPa (5 kgf/cm<sup>2</sup>), partindo de uma pressão inicial de 0,02 Mpa.

**5.6.2.6.** O tanque deve resistir à pressão interna de 0,07 MPa (0,7 Kgf/cm<sup>2</sup>), sem deformação permanente, e a 0,09 MPa (0,9 kgf/cm<sup>2</sup>), sem ruptura ou deslocamento de componentes do transformador e sem afetar a segurança do mesmo.

**5.6.2.7.** O nível do líquido isolante a 25°C deve estar no mínimo 50 mm acima da parte viva de maior cota em relação ao fundo do tanque.

**5.6.2.8.** Na passagem dos terminais da baixa tensão através do tanque, devem ser inseridas no mesmo, chapas de aço inoxidável, de modo a minimizar a indução magnética parasita nas chapas de aço carbono.

### **5.6.3. Tampa**

**5.6.3.1.** A tampa deve ser construída em chapa de aço com a espessura indicada na TABELA 1.

**5.6.3.2. A tampa deve ser soldada ao tanque.**

**5.6.3.3.** A tampa e as bordas do tanque devem ser dimensionadas de forma a permitir a colocação de grampos para o fechamento do tanque para os ensaios preliminares, antes da soldagem (borda de aproximadamente 60 mm).

---

**5.6.3.4.** As soldas devem ser feitas de maneira a facilitar a sua remoção, quando necessária, através de esmerilhamento ou outro processo, bem como evitar também a entrada de fagulhas no interior do tanque por meio de guarnição de material não inflamável e que não afete e nem seja afetado pelo líquido isolante.

**5.6.3.5.** A tampa deve ser 10 mm menor do que a borda do tanque.

**5.6.3.6.** Na tampa do transformador devem estar localizados:

- a) Dispositivo de suspensão da tampa;
- b) Dispositivo para enchimento de óleo;
- c) Válvula de alívio de pressão;
- d) Monovacuometro.

#### **5.6.4. Janela de inspeção**

**5.6.4.1.** Quando houver abertura de inspeção, conforme desenho MP-72-33, a sua localização e as dimensões devem ser tais que permitam a inspeção interna e o acesso ao painel de comutação. Os prisioneiros para fixação da tampa de inspeção devem ser soldados na tampa do transformador.

**5.6.4.2.** Todas as aberturas na tampa devem ter ressaltos para evitar retenção de água junto às guarnições.

#### **5.6.5. Base**

**5.6.5.1.** O transformador deve possuir base de arrasto ou base para rodas e apoio para seu levantamento utilizando macacos.

**5.6.5.2.** A projeção do tanque sem radiadores e acessórios deve estar contida no contorno da base do transformador e de acordo com o desenho fornecido por ocasião da proposta.

#### **5.6.6. Guarnições**

**5.6.6.1.** O material das guarnições nas juntas com vedação deve ser aprovado pela ELETROPAULO. O fabricante deve indicar a composição básica do material utilizado e apresentar certificado de ensaios na aprovação do transformador, fornecidos pelo sub-fornecedor ou por um instituto oficial.

**5.6.6.2.** O material usado nas guarnições não deve afetar e nem ser afetado pelo óleo vegetal isolante nas condições de operação do transformador, conforme a NBR-5356.

**5.6.6.3.** O projeto das juntas deve ser tal que preserve e sele as guarnições, protegendo-as contra a ação de água, dos raios solares, de ambientes corrosivos, e assegure estanqueidade ao óleo isolante e à água.

**5.6.6.4.** Todas as guarnições, quando danificadas durante o transporte, devem ser substituídas no local. O fabricante deve fornecer, sem ônus, as guarnições necessárias para colocar o transformador em serviço.

## **5.6.7. Materiais isolantes**

**5.6.7.1.** Os materiais isolantes dos transformadores devem ser da classe A (105°C), conforme NBR IEC 60085 e devem ser compatíveis com o óleo vegetal isolante, conforme a NBR-5356.

## **5.6.8. Óleo vegetal isolante**

**5.6.8.1.** O óleo isolante a ser utilizado nos transformadores deverá estar de acordo com NBR 15422 e deverá ser tratado com equipamento termovácuo sendo colocado sob vácuo no transformador.

**5.6.8.2.** Após o preenchimento do equipamento com óleo vegetal o fabricante deverá realizar análise físico-química de 10% do lote de inspeção devendo os resultados serem compatíveis aos limites especificados na norma NBR 16518. Também deverá ser realizada análise de PCB para 1 amostra a cada lote de óleo de acordo com a norma NBR 13882 devendo o resultado apresentar-se isento.

**Nota<sub>1</sub>:** A ELETROPAULO se reserva o direito de realizar a contra prova dos resultados apresentados a qualquer momento, ficando a critério do inspetor a escolha da(s) unidade(s) onde serão coletadas as amostras e o Fabricante deve enviar as amostras para a ELETROPAULO que realizará os ensaios.

**Nota<sub>2</sub>:** O Fabricante do transformador deve informar todos os cuidados que se deve ter no manuseio, transporte, armazenamento, tratamento e preenchimento do óleo.

**5.6.8.3.** O óleo vegetal deve ter aparência clara e límpida, ser isento de materiais em suspensão ou sedimentação e ser isento de PCB (bifenilas policloradas). O mesmo deve ser certificado como facilmente biodegradável conforme OECD 301B e não tóxico conforme OECD 203.

**5.6.8.4.** A ELETROPAULO não permite a mistura ou contaminação do óleo vegetal com qualquer outro tipo de óleo.

### 5.6.9. Acabamento

#### 5.6.9.1. Pintura interna

- a) Preparação da superfície: logo após a fabricação do tanque, as impurezas devem ser removidas através de processo adequado.
- b) Tinta de fundo: deve ser aplicada base antiferruginosa na cor branca Munsell N-9.5 que não afete e nem seja afetada pelo óleo vegetal, com espessura mínima de 40 µm.
- c) Deve haver compatibilidade da tinta com o óleo vegetal, conforme a NBR-5356.

#### 5.6.9.2. Pintura externa

- a) Preparação da superfície: logo após a fabricação do tanque, as impurezas devem ser removidas através de processo químico ou jateamento abrasivo ao metal quase branco, padrão visual Sa 2½ da Norma SIS 05-900, enquanto não existir norma nacional equivalente.
- b) Tinta de fundo: aplicar epóxi rico em zinco se o sistema for flooding ou etilsilicado de zinco se o sistema for aspersão com espessura mínima de camada de 70µm. Após aplicar primer epóxi com espessura mínima de 30 µm.
- c) Tinta de acabamento: deve ser aplicada tinta epóxi/ poliamida alta espessura, conforme características da tabela 2, resistente à abrasão, na BEGE MUNSELL 10 YR 7/6, com espessura seca total mínima de 400 µm e deve apresentar grau mínimo de aderência Y1 ou X1, para método A corte em X, conforme a norma NBR-11003.

**TABELA 2 – CARACTERISTICA DA TINTA**

Ensaio	Normas	Requisitos
Identificação da resina (por espectrofotometria na região do infravermelho)	ASTM D2621	Resina epóxi
Ter de sólidos por volume	NBR 7340	85% ± 3%
Consistência (pelo viscosímetro Stormer)	NBR 12105	80 UK A 130 UK
Tempo de secagem ao toque	NBR 9558	2 h
Tempo de secagem completa		72 h
Vida útil da mistura	-	1,5 h (25°C)
Resistência a nevoa salina (3500h)	ASTM B117	É aceitável perda de brilho e manchamento leves. Corrosão a partir de incisão: 6 mm máximo.
Resistência à imersão em água contaminada (2500 h)	-	
Descolamento catódico	ASTM G8	DCE: 20 mm, máxima

### **5.6.9.3. Certificados da pintura**

Durante o processo de avaliação de protótipo ou lote em recebimento, o fornecedor deve apresentar certificado de caracterização da tinta aplicada, bem como a nota fiscal, a qual deve ser igual ou equivalente à especificada na norma E-T. 09 da ELETROPAULO.

### **5.6.10. Zincagem**

**5.6.10.1.** As ferragens externas devem ser galvanizadas à quente conforme norma NBR-6323.

### **5.6.11. Núcleo**

**5.6.11.1.** O núcleo deve ser constituído de laminados planos de aço silício para fins elétricos, de grão orientado, com envelhecimento máximo admissível de 5% conforme NBR-5161 e, se necessário, para garantir o isolamento entre si, receber isolamento adicional apropriado para núcleos imersos em óleo vegetal.

**5.6.11.2.** Não se aceita o isolamento com papel entre lâminas ou entre pacotes de lâminas. O produto laminado deve satisfazer aos ensaios prescritos na NBR-5161.

**5.6.11.3.** As lâminas devem ser presas no lugar por uma estrutura apropriada que sirva como meio de centrar e firmar no tanque o conjunto núcleo bobina, de tal modo que o mesmo não tenha movimento em quaisquer direções. Esta estrutura deve também propiciar a retirada do conjunto do tanque. Não são permitidas culatras de madeira para prensagem do núcleo.

**5.6.11.4.** O núcleo deve ser aterrado à culatra através de um único ponto, por meio de uma fita de cobre. A culatra deve ter ligação elétrica para o tanque de modo que o aterramento da parte ativa seja eficaz. Alternativamente, o núcleo pode ser aterrado diretamente ao tanque por meio de uma única fita de cobre.

**5.6.11.5.** Todos os componentes responsáveis pela estrutura da parte ativa (tirantes, culatras, etc.) devem receber a devida atenção, no sentido de eliminar a ocorrência de tensões induzidas indesejáveis e minimizar a circulação de correntes parasitas pelos mesmos.

**5.6.11.6.** As culatras de ferro que prensam o conjunto núcleo e bobinas devem ter reforço mecânico e propiciar numa eventualidade de esforços axiais plena resistência, ou seja, sua base de prensagem deve ser maior que a espessura total dos enrolamentos.

---

## 5.6.12. Enrolamentos e isolamentos

**5.6.12.1.** Os enrolamentos de alta tensão devem ser constituídos de fios de **cobre isolados** com verniz ou isolados com papel “kraft” neutro ou termo estabilizado.

**5.6.12.2.** Quando utilizados fios isolados com verniz o fio deve ser de dupla camada de isolamento e no mínimo de classe térmica 180°C (H), de acordo com a ABNT NBR IEC 60085.

**5.6.12.3.** Para fios isolados somente com papel “kraft” neutro ou termo estabilizado o mesmo devem estar de acordo com as normas NBR5173 e NBR14193, devendo também o fabricante fornecer o certificado de aprovação dos mesmos, para os seguintes ensaios:

- a) Rigidez dielétrica;
- b) Alongamento à ruptura;
- c) Resistência elétrica;
- d) Características da isolação, indicando o número de camadas, a espessura e a largura das fitas e sentido da isolação.

**Nota:** Somente será permitida a utilização de resina que seja compatível com o papel e o óleo vegetal isolante, nos enrolamentos de baixa tensão (BT), constituído por chapas.

**5.6.12.4.** Os enrolamentos e isolamentos devem ser projetados e construídos de forma a resistirem, sem danos, em quaisquer condições de carga e de tensão, a todos os esforços mecânicos, efeitos térmicos e solicitações dielétricas, aos quais estão sujeitos durante a operação do transformador.

**5.6.12.5.** Todos os condutores empregados nas bobinas, que tenham seção retangular, devem estar isentos de rebarbas que possam ser prejudiciais à isolação.

**5.6.12.6.** Todos os enrolamentos do transformador devem ser de isolamento total para terra, salvo estipulado em contrário por ocasião da consulta, axialmente prensados, eficaz e uniformemente em toda a volta, tanto os de tensão primária como os de tensão secundária, sem apresentar folgas ou esmagamentos. As espiras não devem apresentar variações de diâmetro ou folgas que possam facilitar os deslocamentos ou vibrações das mesmas.

**5.6.12.7.** Os materiais isolantes devem ser compatíveis entre si e não devem afetar nem serem afetados pelo óleo vegetal isolante, nem 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 6.11.

**5.6.12.8.** Os enrolamentos de baixa tensão poderão ser constituídos ou fios de cobre ou de chapas de cobre ou de alumínio e devem ser isolados somente com papel “kraft” neutro ou termo estabilizado e devem estar de acordo com as normas NBR5173 e

---

NBR14193, devendo também o fabricante fornecer o certificado de aprovação dos mesmos, para os seguintes ensaios:

- a) Rigidez dielétrica;
- b) Alongamento à ruptura;
- c) Resistência elétrica;
- d) Características da isolamento, indicando o número de camadas, a espessura e a largura das fitas e sentido da isolamento.

**5.6.12.9.** Todos os condutores terminais e derivações devem ser fixados à parte ativa de modo que os mesmos suportem ao ensaio de curto-circuito sem apresentar quaisquer deformações. As fixações mecânicas de um condutor terminal de alta tensão não devem ser apoiadas sobre quaisquer outros condutores terminais.

**Nota:** Não será permitida isolamento entre parte ativa e tanque que impeça a perfeita circulação do óleo vegetal.

### **5.6.13. Fixação da parte ativa**

**5.6.13.1.** A parte ativa deve ser fixada ao tanque por meio de parafusos e em quantidades tais que a mesma não se desloque internamente ao tanque, em quaisquer direções durante o transporte armazenagem e instalação. Nos pontos de contato mecânico das ferragens da parte ativa e do tanque, a tinta deve ser removida e lixada para que se tenha bom contato elétrico, necessário ao aterramento da parte ativa. Não serão aceitas a fixação da parte ativa por meio de sapatas nas laterais do tanque, bem como o aterramento da mesma que não remova a tinta interna.

### **5.6.14. Condutores e terminais**

**5.6.14.1.** Os condutores internos e partes vivas devem ser providos de reforços adequados e instalados com comprimentos tais que possibilitem reparos. Todos os condutores terminais e os terminais de enrolamento devem ser isolados. Todas as ligações entre os condutores e os terminais de enrolamento devem ser feitas, com solda forte. Não será aceito conexões prensadas ou parafusadas.

**5.6.14.2.** Todos os furos em material isolante laminado, através dos quais devem passar condutores, devem ser embuchados com porcelana não porosa, não sendo aceitos materiais sintéticos. No caso de passagem de condutores terminais isolados através de suportes, os mesmos devem ter isolamento reforçado com espessura e comprimento adequados.

**5.6.14.3.** Os terminais de saída devem ser construídos de maneira a impedir o escapamento de óleo isolante vegetal por sifonagem ou vazamento através das buchas de porcelana ou diafragma de interligação com o equipamento auxiliar, nos casos que este seja preso ao transformador.

---

**5.6.14.4.** Quando forem fornecidos painéis ou comutadores para terminais do enrolamento de média tensão, os mesmos devem ser de material isolante apropriado, sólido, rigidamente preso dentro do tanque e totalmente imerso no óleo vegetal, devendo todos os furos de passagem dos terminais ser embuchados com porcelana não porosa e vitrificados. Qualquer outro material deve ser submetido à prévia aprovação da ELETROPAULO.

**5.6.14.5.** Os transformadores com painel de comutação ou comutador devem ser construídos de modo a permitir a troca de derivações ou ligações sem que seja necessário levantar os enrolamentos e sem a remoção do óleo vegetal. A troca da derivação deve ser realizada através de abertura de inspeção (handholes) para esse fim, deve estar de acordo com o que for especificamente requerido por ocasião do contrato de compra.

**5.6.14.6.** As ligações entre os condutores terminais e os terminais de enrolamento de média tensão, bem como, as interligações com equipamento acoplado ao transformador, devem estar totalmente imersas no óleo vegetal, deveram ser constituídos do mesmo material do enrolamento e se for de cobre deve ser estanhado.

**5.6.14.7.** Os condutores terminais e terminais de enrolamento devem ser fixados rigidamente na parte ativa, por meio de material sólido, não se permitindo o uso de pregos e grampos nas fixações.

## **5.6.15. Terminal de neutro**

**5.6.15.1.** O condutor de neutro do enrolamento de tensão secundária deve ser ligado a uma barra de aço inoxidável ou cobre eletrolítico passante, soldado externamente na parede do transformador.

**5.6.15.2.** Para tensões secundárias acima de 380 Volts, os transformadores devem ser fornecidos com o condutor neutro isolado a fim de permitir a instalação do sensor de proteção de arco a terra. Para tanto deve ser utilizado, como terminal de neutro, uma bucha e terminal secundário, conforme estabelecido nos desenhos MP-72-01 e MP-72-02 da ELETROPAULO.

**5.6.15.3.** O terminal de neutro quando soldado externamente ao tanque deve estar de acordo com os desenhos padronizados da ELETROPAULO, MP-72-20 para transformadores de 500 kVA e MP-72-21 para transformadores de 750 kVA.

**5.6.15.4.** A ligação interna deve ser facilmente desfeita através da abertura de inspeção para transformadores radiais.

---

## 5.6.16. Ferragens

**5.6.16.1.** Todas as porcas e cabeças de parafusos utilizados na construção dos transformadores devem estar providas de travamento mecânico adequado (contra porca ou arruela de pressão, travados quimicamente), não sendo permitidas peças zincadas na parte interna do transformador.

**5.6.16.2.** Os prisioneiros dos flanges das buchas se houver, e as respectivas guarnições devem ficar do lado de fora do tanque de modo que seja possível apertar as guarnições sem remover a tampa do transformador. O fabricante deve especificar o torque de aperto para as buchas do tipo parafuso central, bem como para os parafusos que as fixam.

## 5.6.17. Buchas

**5.6.17.1.** As buchas primárias devem estar de acordo com o desenho MP-60-27 e MP-60-34.

**5.6.17.2.** As buchas secundárias devem estar de acordo com os seguintes desenhos padronizados:

- a) MP-72-03, para transformadores de 500 e 1000 kVA, usados no sistema radial;
- b) MP-72-04, para transformadores de 750 e 2000 kVA, usados no sistema radial;
- c) MP-72-37, para transformadores de 500 e 1000 kVA, usados no sistema reticulado;
- d) MP-72-38, para transformadores de 750 e 2000 kVA, usados no sistema reticulado.

**5.6.17.3.** Nos flanges para fixação das buchas de tensão secundária e registros devem ser usinados com rebaiços com 2 mm de profundidade para o alojamento das guarnições. A ELETROPAULO se reserva o direito de recusar o transformador no caso da inexistência desses rebaiços.

**5.6.17.4.** As buchas dos tipos desconectáveis e as de porcelana devem estar de acordo com a NTE 044-0 e com a NBR 9369, respectivamente.

**5.6.17.5.** As buchas do painel tipo parafuso central devem ser projetadas de modo a impedir que o parafuso central gire dentro da porcelana ao se apertar suas porcas de qualquer extremidade.

**5.6.17.6.** O fabricante deve informar ao(s) fornecedor (es) das buchas desconectáveis que a ELETROPAULO reserva-se o direito de aprová-lo(s), assim como de exigir ou não os ensaios de suas buchas.

---

## 5.6.18. Dispositivo para acoplamento

**5.6.18.1.** Os transformadores para sistemas reticulados devem ser fornecidos com dispositivo para acoplamento do protetor de rede.

**5.6.18.2.** Para acoplamento do protetor de rede o transformador deve possuir, no lado de tensão secundária, garganta e suporte de sustentação cujas dimensões, furações e posições relativas estejam de acordo com a NBR-9369.

**5.6.18.3.** A ligação entre o protetor de rede e o transformador deve ser feita através de conectores flexíveis que devem estar de acordo com os desenhos padronizados:

- a) MP-72-39, para transformadores de 500 e 1000 kVA, e;
- b) MP-72-40, para transformadores de 750 e 2000 kVA.

**Nota:** Os conectores flexíveis (três por transformador) devem ser fornecidos pelo fabricante.

## 5.6.19. Flange para buchas em epóxi

**5.6.19.1.** Os transformadores para sistemas radiais e reticulados devem ser providos de flanges para fixação de buchas em epóxi de média tensão, de acordo com o desenho padronizado MP-72-09.

## 5.6.20. Proteção das buchas

**5.6.20.1.** Todos os transformadores devem ser fornecidos com dispositivos de proteção das buchas para transporte.

**5.6.20.2.** Os transformadores do sistema reticulado devem ser fornecidos com proteção para as buchas de acordo com os desenhos padronizados MP-72-12 e MP-72-15, correspondentes aos lados primário e secundário respectivamente. Essas proteções são fixadas nos flanges para fixação das mesmas, que devem estar de acordo com os desenhos MP-72-10 e MP-72-15, correspondentes aos lados primário e secundário respectivamente, que será utilizado para acoplamento do protetor de rede.

**5.6.20.3.** Os transformadores do sistema radial devem ser fornecidos com proteção para as buchas de acordo com os desenhos padronizados MP-72-12 e MP-72-14, correspondentes aos lados primário e secundário respectivamente. Essas proteções são fixadas nos flanges para fixação das mesmas, que devem estar de acordo com os desenhos MP-72-10 e MP-72-11, correspondentes aos lados primário e secundário respectivamente.

---

## 5.6.21. Terminal para aterramento

**5.6.21.1.** Os transformadores devem ter na parte exterior do tanque, faces frontais, dois terminais de aterramento, sendo um no canto inferior esquerdo e outro no canto inferior direito, cujas dimensões e características devem estar de acordo com o desenho MP-72-30 da ELETROPAULO.

## 5.6.22. Conector terminal

**5.6.22.1.** Os transformadores para sistemas radiais devem ser fornecidos com conectores terminais (três por transformador) que possibilitem a conexão dos cabos, conforme os desenhos padronizados MP-72-19.

## 5.6.23. Marcações

### 5.6.23.1. Marcação interna

A marcação interna dos condutores terminais e das derivações deve ser feita de modo a permitir a identificação, de maneira permanente, da fase a que pertence.

### 5.6.23.2. Marcação externa

Além das marcações externas dos terminais, indicada na NBR-9369, outras marcações externas nos tanques dos transformadores devem ser pintadas externamente ao lado das buchas de alta tensão, mostrando claramente com o transformador instalado as seguintes características:

- a) Potência em kVA;
- b) Número de identificação "T";
- c) Tensão de despacho.
- d) O(s) transformador (es) deve(m) ter adesivo aplicado ao tanque indicando que o equipamento elétrico não possui PCB (isento). Este adesivo deve ser de material resistente a intempéries e óleo vegetal isolante e conforme o Anexo B.
- e) A inscrição pintada na cor preta "ÓLEO VEGETAL".

**Nota:** As marcações devem resistir às condições de ambiente agressivo e durante a vida útil do transformador.

### **5.6.23.3. Marcação nos painéis**

Os números e letras devem ser marcados em baixo relevo de maneira indelével, pintados com tinta à prova de óleo vegetal e cor que apresente contraste com o material do painel e permita sua leitura mesmo, quando imerso no óleo vegetal. Quando nessa marcação são empregados números, sugere-se que a ordem seja a de progressão aritmética, de razão 3 (três) em cada fase. A identificação das buchas deve ser feita de maneira clara, indicativa do número a que pertence à bucha.

### **5.6.24. Dimensões e pesos**

**5.6.24.1.** As dimensões e massas máximas admissíveis do transformador devem estar de acordo com os desenhos padronizados da ELETROPAULO MP-72-01 e MP-72-02 para transformadores de sistemas radiais e de sistemas reticulados respectivamente.

### **5.6.25. Sistema de comutação de tensões**

**5.6.25.1.** Podem ser utilizados quaisquer dos seguintes sistemas de comutação:

#### **5.6.25.2. Painel**

- a) Os painéis devem ser de material isolante, rigidamente preso dentro do tanque e totalmente imerso no óleo vegetal, devendo todos os furos de passagem dos terminais serem convenientemente embuchados em porcelana vitrificada ou resina epóxi;
- b) Deve ser possível efetuar a mudança de derivação ou ligações sem ser necessário levantar os enrolamentos, sem remoção de óleo;
- c) Deve apresentar uma inclinação de maneira a minimizar o acúmulo de impurezas em sua superfície;
- d) As buchas de ligação não devem estar localizadas sob as buchas de tensão primária e de tensão secundária;
- e) As ligações do painel devem ser feitas com chapas de cobre estanhadas (links), sem a necessidade de retirada das porcas e arruelas dos terminais de comutação, devendo estas chapas ter um movimento em torno de um ponto fixo;
- f) Os links deverão possuir amarrações que impeçam sua queda no tanque e não atrapalhem o seu livre manuseio;
- g) Os pinos roscados (terminais de comutação) deverão ser robustos o suficiente para suportar as operações de mudança de derivação sem sofrer avarias. A conexão dos condutores de derivação dos pinos devera ser feita de tal forma que não fiquem pontos

---

fracos. Casos necessários poderão ser requisitados amostras para análise da ELETROPAULO.

### **5.6.25.3. Comutador de derivações**

O comutador de derivações deve estar de acordo com a NBR-9369 e deve ser submetido à aprovação previa pela ELETROPAULO. Só será aceito comutadores de derivação homologados pela ELETROPAULO (O Fornecedor deve enviar o desenho com as características dimensionais, elétricas e informar o respectivo Fabricante).

### **5.6.26. Válvula globo para drenagem do óleo vegetal isolante**

**5.6.26.1.** O transformador deve ser provido de válvula globo, para ligação ao filtro prensa utilizado para drenagem do óleo vegetal, que deve estar de acordo com o desenho MP-72-26. A válvula deve ser colocada na parte inferior do lado das buchas primárias.

### **5.6.27. Bujão para enchimento do óleo vegetal isolante**

**5.6.27.1.** O transformador deve ser provido de bujão, para ligação ao filtro-prensa, utilizada para enchimento do óleo vegetal, conforme desenho MP-72-23.

### **5.6.28. Termômetro tipo mostrador para óleo isolante**

**5.6.28.1.** O transformador deve ser provido de um termômetro tipo submersível, graduado de 0 a 120 °C, que possua a indicação de temperatura máxima com recurso externo para retorno, contatos tipo NA para monitoramento remoto de temperatura, devendo estar de acordo com o desenho padronizado MP-72-24. O termômetro deve indicar a temperatura próxima à superfície do óleo vegetal. O mostrador deve ser colocado na tampa do lado buchas primário.

**Nota:** O termômetro a ser utilizado no transformador deve ser homologado na ELETROPAULO.

### **5.6.29. Válvula de alívio de pressão**

**5.6.29.1.** O transformador deve ser provido de válvula de alívio de pressão submersível de ação dupla, como molas internas e com direcionamento lateral do óleo direcionado para o terminal X0 e dispositivo de indicação de atuação com sistema contra travamento (encapsulado), que deve satisfazer os requisitos especificados na Norma NTE-040 da ELETROPAULO. O Fabricante deve apresentar cópias do desenho da válvula de alívio de pressão, conforme item 5.3, para aprovação da ELETROPAULO.

**Nota:** A válvula de alívio de pressão a ser utilizado no transformador deve ser homologada na ELETROPAULO.

---

**5.6.29.2.** O sistema de indicação de atuação da válvula alívio de pressão deve ser previsto invólucro que impossibilite que ações externas (poeira, esgoto, barro e etc.) provoquem o seu travamento.

## **5.6.30. Indicador de nível de óleo isolante**

**5.6.30.1.** O transformador deve ser provido de indicador de nível do óleo vegetal, tipo submersível de acordo com o desenho padronizado MP-72-25. O indicador deve ser colocado voltado e próximo às buchas primárias.

**5.6.30.2.** O nível de óleo isolante a 25°C deve estar, no mínimo, 50 mm acima das partes vivas.

**5.6.30.3.** Caso a temperatura ambiente do local estiver acima de 25°C, no preenchimento do óleo deve ser levado em consideração e deve ser compensado para não ocorrer baixo nível de óleo e vir a queimar o equipamento.

## **5.6.31. Monovacuômetro tipo mostrador para gás inerte**

**5.6.31.1.** Os transformadores devem ser providos de um monovacuômetro tipo mostrador para gás inerte, submersível, com contato NA para monitoramento remoto da pressão (positiva e negativa), de acordo com o desenho MP-72-29 que possua a indicação de pressão máxima, com recurso externo para o retorno do ponteiro.

**5.6.31.2.** O mostrador deve ser colocado voltado próximo às buchas primárias.

**Nota:** O monovacuômetro a ser utilizado no transformador deve ser homologado na ELETROPAULO.

## **5.6.32. Dispositivo para enchimento de gás inerte**

**5.6.32.1.** O dispositivo para enchimento de gás deve satisfazer às condições previstas no desenho MP-72-22.

## **5.6.33. Meios para suspensão da parte ativa e do transformador**

**5.6.33.1.** O tanque do transformador deve possuir 4 (quatro) orelhas para suspensão, permitindo o levantamento, com o óleo isolante em seu nível normal, da unidade completa ou, eventualmente, sem a tampa principal.

**5.6.33.2.** As orelhas devem estar posicionadas de tal forma que:

a) Os meios de suspensão não toquem na tampa, evitando danos à pintura;

b) A remoção da tampa por esmerilhamento não danifique as mesmas, devendo para tal, não ultrapassar a borda do tanque.

**5.6.33.3.** A parte ativa deve possuir olhais para suspensão que possibilitem a sua retirada do tanque do transformador, em nível, sem que haja necessidade de desmontagem parcial da mesma.

## **5.6.34. Radiadores**

Os radiadores não devem ultrapassar os limites do comprimento do corpo do tanque e dispostos simetricamente dos dois lados.

## **5.7. Identificação do transformador**

**5.7.1.** Cada transformador deve ser provido de uma placa de identificação de aço inoxidável com espessura mínima de 0,8 mm, e conforme o desenho padronizado da ELETROPAULO MP-72-28, além dos dados característicos do transformador deve ser gravado os valores de perdas à vazio, totais e tipo óleo (vegetal).

**5.7.2.** A placa deve ser colocada na parte frontal do lado direito do transformador.

**5.7.3.** Para os transformadores do tipo religável (duas classes de tensão), deve ser marcado as duas impedâncias na placa de identificação.

## **5.8. Suporte para descanso do desconectável**

**5.8.1.** Nos transformadores utilizados no sistema reticulado e radial, deve possuir do lado primário o suporte de descanso, conforme o desenho MP-72-01, MP-72-02, cujas dimensões e características devem estar de acordo com o desenho MP-72-35 da ELETROPAULO.

## **5.9. Transporte**

**5.9.1.** O transformador deve ser transportado com óleo a nível normal de operação e com os acessórios protegidos adequadamente contra agentes externos.

**5.9.2.** O transformador deve ser preenchido a temperatura ambiente, e para embarque com nitrogênio ou ar seco, a uma pressão positiva de 0,02 MPa (0,2 kgf/cm<sup>2</sup>).

**5.9.3.** A transportadora utilizada para entregar os equipamentos na CONTRATANTE deverá ter contrato ativo com empresa especializada em atendimento a emergência químicas durante o transporte rodoviário.

---

## 5.10. Proteção catódica

**5.10.1.** Nas quatro faces do tanque do transformador do tipo radial e reticulado devem ser soldados os anodos de sacrifício confeccionados com liga de alumínio.

**5.10.2.** Para os transformadores do sistema reticulado, deve ser tomado cuidado com a posição do anodo de sacrifício para não atrapalhar ou dificultar a instalação do protetor de rede no lado secundário. Os transformadores com tensão secundaria superior ou igual a 380 V no lado do primário será instalado/acoplado uma chave primaria nas buchas do transformador (H1, H2 e H3).

## 5.11. Cálculo da Massa do Anodo

**5.11.1.** Cálculo da intensidade da corrente que é dado pela formula:

$$I = S \times d \times f (1 - E)$$

**Onde:**

*I* = Intensidade de corrente, em A.

*S* = Área exposta do transformador ( $m^2$ ).

*d* = Densidade de corrente de proteção de  $0,55 A/m^2$ , calculada com base na corrente galvânica de 3 mA, determinada nos ensaios de laboratório.

*f* = Fator de velocidade para água estagnada igual a 1.

*E* = Eficiência do revestimento estimada em 95 %.

**5.11.2.** Cálculo da massa do eletrodo que é dado pela formula:

$$M = \frac{8760 \times t \times I}{F \times C}$$

**Onde:**

**M** = massa de anodo requerida, em kg.

**t** = 10 anos (vida útil desejada da proteção catódica).

**I** = valor obtido pela aplicação da equação anterior.

**C** = 2300 A.h/kg (capacidade de corrente do anodo de alumínio).

**F** = 85 % (fator de utilização do anodo).

## 6. CONDIÇÕES ESPECÍFICAS

### 6.1. Potências nominais

6.1.1. As potências nominais, em kVA, padronizadas para os transformadores são as seguintes: 500, 750, 1.000 e 2.000.

### 6.2. Derivações e relação de tensões

6.2.1. Os transformadores devem ser fornecidos com os valores padronizados, conforme a TABELA 3.

**TABELA 3 - TENSÕES PADRONIZADAS DOS TRANSFORMADORES**

SISTEMA	POTÊNCIA NOMINAL (kVA)	TENSÃO (Volts)		TERMINAL DE NEUTRO
		PRIMÁRIA	SECUNDÁRIA	
Radial	500	13.800 13.200 12.600 3.985 <b>3.785</b> 3.585	220 / 127	Soldado no tanque
	500 e 750 e 1.000 e 2.000	13.800 <b>13.200</b> 12.600	220 / 127	
	2.000	36.000 <b>34.500</b> 33.000 31.500	400/231 ou 380/220	Isolado
	2.000	36.000 <b>34.500</b> 33.000 31.500 23.100 22.100 21.000 19.900		
	Reticulado	500 e 750 e 1.000 e 2.000	23.100 22.100 <b>21.000</b> 19.900	216,5 / 125 ou 220/127
			400/231 ou 380/220	Isolado

**Notas:** As tensões nominais primárias e a existência ou não de derivações serão definidas no descritivo do edital ou do contrato de compra.

### 6.3. Tensão de despacho

**6.3.1.** Nos transformadores com três derivações, a tensão de despacho corresponde à derivação central ou intermediária.

**6.3.2.** Nos transformadores com mais de três derivações, verificar a tabela 3 valor negrito. A ELETROPAULO se reserva no direito de solicitar que o transformador venha em outra tensão.

### 6.4. Níveis de isolamento

**6.4.1.** Os níveis de isolamento dos transformadores estão indicados na tabela 4.

**TABELA 4 - NÍVEIS DE ISOLAMENTO**

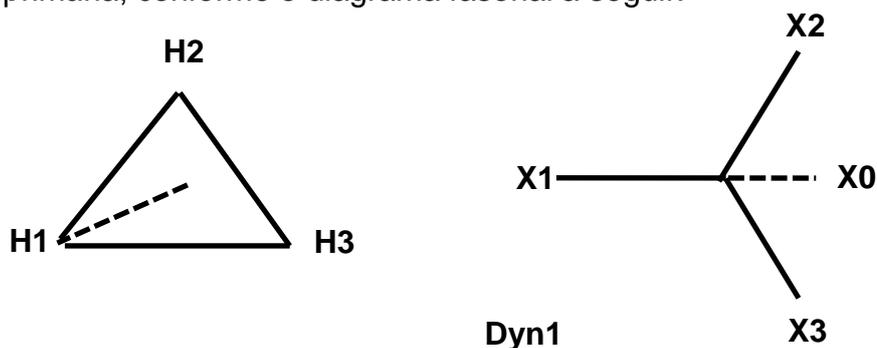
TENSÃO MÁXIMA DO EQUIPAMENTO $U_m$ ( $kV_{ef}$ )		TENSÕES SUPORTÁVEIS NOMINAIS	
Primário	Secundário	À frequência industrial, durante 1 minuto. ( $kV_{ef}$ )	De impulso atmosférico ( $kV_{crista}$ )
-	1,2	10	-
15	-	34	110
24,2	-	50	150
36,2	-	70	200

### 6.5. Frequência nominal

**6.5.1.** A frequência nominal do sistema elétrico da ELETROPAULO é 60 Hz.

### 6.6. Deslocamento angular e diagrama fasorial

**6.6.1.** Os transformadores devem ser trifásicos, com o enrolamento primário em triângulo e secundários em estrela, sendo o deslocamento angular entre eles de  $30^\circ$  com fases de tensões secundárias atrasadas em relação às correspondentes de tensão primária, conforme o diagrama fasorial a seguir:



## 6.7. Perdas

**6.7.1.** Os valores de perdas elétricas garantidas pelo fabricante devem ser iguais ou inferiores aos valores indicados na TABELA 5, conforme notas 1 e 2 do item 6.7.4., referidos à derivação principal, definida na NBR-5356.

**6.7.2.** O fabricante deve declarar na sua proposta, os valores das perdas em vazio e no cobre, à plena carga e à temperatura de 85°C.

**6.7.3.** Nos ensaios de recebimento, as tolerâncias para as perdas em vazio não devem exceder em mais de 10% e a perda no cobre em 6% dos valores declarados, quando medidas de acordo com a NBR-5356-1. Essas tolerâncias aplicam-se aos transformadores individualmente, não podendo, porém, a média dos valores para todos os transformadores exceder aos valores declarados pelo fabricante. A ELETROPAULO se reserva o direito de rejeitar qualquer proposta na quais as perdas elétricas excedam aos valores indicados na tabela 5 do item 6.7.4

**6.7.4.** Nos ensaios de tipo devem ser atendidos os valores máximos declarados pelo fabricante em sua proposta, para as perdas em vazio e no cobre, valores esses que não podem superar os valores máximos previstos na tabela 5 seguinte:

**TABELA 5 - VALORES DE PERDAS, CORRENTE DE EXCITAÇÃO E IMPEDÂNCIA DE CURTO-CIRCUITO.**

Classe de tensão (kV)	Potência (kVA)	Corrente de Excitação $I_0$ (%)	Perdas em Vazio $P_0$ (W)	Perdas no Cobre $P_{Cu}$ (W)	Perdas Totais $P_t$ (W)	Impedância de curto circuito a 85°C (%)	Massa Máxima (kg)
15	500	1,6	1.300	5.100	6.400	5,0	2.500
	750	1,3	1.700	8.300	10.000	5,0	3.200
	1.000	1,2	2.100	10.600	12.700	7,0	4.000
	2.000	1,0	4.000	17.200	21.200	7,0	5.800
24,2	500	1,8	1.200	5.300	6.500	4,8	2.500
	750	1,7	1.700	8.300	10.000	4,8	3.200
	1.000	1,4	2.100	10.600	12.700	7,0	4.000
	2.000	1,2	4.000	17.500	21.500	7,0	5.800
36,2	500	1,8	1.200	5.500	6.700	5,0	2.700
	1000	1,6	2.100	11.100	13.200	7,0	4.000
	2.000	1,4	4.000	18.000	22.000	7,0	6.400

---

**Notas:**

1) Para transformadores do sistema radial na classe de 15 kV que não seja religável as perdas garantidas pelo Fabricante devem ser na tensão (13.200V) e para a classe de 3,8KV, os Fabricantes devem informar também os valores de perda para a tensão 3.785V. Para a classe de tensão 36,2 kV as perdas garantidas pelo Fabricante deve ser na tensão 34.500V

2) Para transformadores do sistema reticulado na classe 24,2 kV as perdas garantidas pelo Fabricante deve ser na tensão (21.000V).

**6.7.5.** Deve ser enviada uma planilha contendo a identificação do transformador (n° de serie e n° de tombamento), características e suas referidas perdas.

## **6.8. Corrente de excitação I<sub>0</sub> (%)**

**6.8.1.** O fabricante deve declarar o valor percentual da corrente de excitação referente à corrente nominal do enrolamento em que é medido, conforme estipulado na tabela 5.

**6.8.2.** No transformador trifásico considera-se como corrente de excitação a média aritmética das correntes nas 3 (três) fases.

**6.8.3.** A tolerância da corrente de excitação, em cada transformador é de 20% e a média aritmética obtida do lote não deve exceder o valor declarado pelo fabricante.

**6.8.4.** O Fabricante deve levantar quatro pontos da curva de saturação do núcleo (V x I) e enviar para ELETROPAULO, sendo:

- Uma medição com 75% da tensão nominal
- Uma medição com 100% da tensão nominal
- Uma medição com 110% da tensão nominal
- Uma medição com 120% da tensão nominal.

**6.8.5.** O Fabricante deve garantir que o transformador suporte sobretensões em regime de operação no mínimo de 10% sem que ocorra saturação do núcleo, caso exceda o transformador será considerado reprovado.

## **6.9. Impedância de curto-circuito Z (%)**

**6.9.1.** A impedância de curto-circuito dos transformadores expressa em porcentagem, deve ser conforme estipulada na tabela 5, sujeitas a tolerância de +/- 7,5% no valor medido de uma unidade em relação ao valor estipulado ou, entre duas unidades do mesmo lote e projeto (tendo como base a tolerância sobre o valor nominal).

## 6.10. Requisitos do dielétrico

6.10.1. Todos os transformadores devem ser capazes de suportar os valores das tensões especificadas na NBR 9369, sem que se produzam descargas e sem que haja evidência de falha, quando submetidos aos ensaios de tensão suportável nominal à frequência industrial, tensão induzida e de tensão suportável nominal de impulso atmosférico.

## 6.11. Limites de elevação de temperatura

6.11.1. Os limites de elevação de temperatura devem ser:

- a) Enrolamentos (método de variação da resistência): 65° C;
- b) Ponto mais quente dos enrolamentos: 80° C;
- c) Óleo isolante (medida próxima à superfície): 60° C.

## 6.12. Estanqueidade e resistência à pressão

6.12.1. Os transformadores desenergizados devem suportar a pressão manométrica de 0,07 MPa (0,70 kgf/cm<sup>2</sup>) durante o tempo de aplicação de 1 (uma) hora.

6.12.2. Os transformadores, partindo-se de uma pressão inicial de 0,02 MPa (0,2 kgf/cm<sup>2</sup>), sendo, posteriormente, energizados com corrente nominal durante 8 horas, não devem apresentar vazamentos ou deformações e sua pressão interna não deve exceder a 0,05 MPa (0,5 kgf/cm<sup>2</sup>).

## 6.13. Nível de ruído

6.13.1. O nível de ruído deve estar de acordo com a tabela 6.

TABELA 6 - NÍVEL DE RUÍDO

POTÊNCIA DO TRANSFORMADOR (kVA)	NÍVEL DE RUÍDO (dB-A)
500	56
750	57
1.000	58
2.000	61

**Nota:** O fabricante deve realizar na presença do inspetor da ELETROPAULO ensaio de ruído em uma peça do lote por potencia e classe de tensão.

---

## **6.14. Capacidade de suportar curto-circuito**

**6.14.1.** Os transformadores devem ser projetados e construídos para suportarem aos efeitos mecânicos e térmicos causados por curtos-circuitos externos, sob as condições especificadas na NBR 5356, desconsiderando a impedância da linha.

## **6.15. Análise cromatográfica dos gases dissolvidos no óleo vegetal isolante**

**6.15.1.** Antes da retirada da amostra a ser submetido à análise cromatográfica dos gases dissolvidos no óleo vegetal isolante, o transformador deverá ser energizado com tensão nominal, em vazio, por um período mínimo de 12 horas.

**6.15.2.** A amostra do óleo deverá ser retirada após esse período de 12 horas com a utilização de uma seringa de vidro e encaminhada ao Laboratório Químico da ELETROPAULO, sendo que os resultados de Oxigênio e a somatória dos gases combustíveis não deverão ultrapassar 5.000ppm e 10ppm, respectivamente.

---

## 7. INSPEÇÃO

### 7.1. Generalidades

**7.1.1.** Todos os ensaios de recebimento devem ser realizados nas instalações do fabricante e na presença do inspetor da ELETROPAULO. Se o fabricante não estiver devidamente equipado para realização de algum ensaio de tipo, ensaio este que não seja também de recebimento, o mesmo deve ser realizado em laboratório de reconhecida idoneidade e homologado pelo ELETROPAULO.

**7.1.2.** Em qualquer fase de fabricação, o inspetor deve ter acesso, durante as horas de serviço, a todas as partes da fábrica onde o transformador estiver sendo fabricado.

**7.1.3.** O fabricante deve propiciar, às suas expensas, todos os meios necessários, inclusive pessoal auxiliar, para que se possa certificar de que o transformador está de acordo com a presente norma.

**7.1.4.** Todas as despesas decorrentes das amostras, equipamentos, acessórios, bem como com a realização dos ensaios previstos nesta Norma, independente do local de realização dos mesmos, fica a expensas do fabricante.

**7.1.5.** O fabricante deve comunicar a esta Empresa, com 15 dias de antecedência, a data em que o transformador estará pronto para inspeção.

**7.1.6.** Deve ser realizada a inspeção preliminar da parte ativa montada, conforme o cronograma de fabricação.

**7.1.7.** Os ensaios de recebimento devem ser iniciados pela inspeção visual e da parte ativa do lote apresentado, para verificação do acabamento, da conformidade com os desenhos aprovados e com o protótipo aprovado.

### 7.2. Ensaio

#### 7.2.1. Ensaio de tipo

**7.2.1.1.** Antes de qualquer fornecimento, o protótipo deve ser aprovado, devendo ser realizados a inspeção preliminar da parte ativa seguida dos ensaios de tipo indicados no item 7.2.1.2, cabendo a esta Empresa o direito de designar um inspetor para acompanhá-los e participar dos mesmos.

**7.2.1.2.** Os ensaios de tipo são os seguintes:

- a) Verificação visual da parte ativa, completamente montada;
- b) Verificação visual do tanque e acessórios;
- c) Verificação das dimensões do tanque e acessórios;

- 
- d) Tensão suportável nominal à frequência industrial;
  - e) Tensão induzida;
  - f) Perdas em vazio e corrente de excitação;
  - g) Perdas em carga e impedância de curto-circuito;
  - h) Resistência dos enrolamentos;
  - i) Relação de tensões;
  - j) Deslocamento angular e sequência de fases;
  - k) Resistência do isolamento;
  - l) Curto-circuito;
  - m) Fator de potência do isolamento e capacitância;
  - n) Tensão suportável nominal de impulso atmosférico;
  - o) Nível de ruído;
  - p) Descargas parciais, após a realização dos ensaios dielétricos;
  - q) Elevação de temperatura;
  - r) Verificação da atuação da válvula de alívio;
  - s) Estanqueidade e resistência à pressão a quente e a frio;
  - t) Óleo vegetal isolante;
  - u) Pintura e zincagem;
  - v) Atuação da válvula de alívio de pressão.

**Notas:**

- 1) Os ensaios correspondentes às alíneas r), s) e u), acima, deverão ser realizados após a soldagem da tampa do transformador.
- 2) Para a alínea “L” do item 7.2.1.2, o ensaio de curto circuito tem validade de cinco anos, após este período deve ser realizado um novo ensaio.

---

**7.2.1.3.** No caso de haver alteração na fabricação ou no protótipo dos transformadores, o fabricante deve comunicar o fato com antecedência, submetendo-o à aprovação desta Empresa, através da realização de ensaios de tipo.

## **7.2.2. Ensaios de rotina**

**7.2.2.1.** Os ensaios de rotina devem ser executados pelo fabricante nos transformadores completamente montados e são aqueles descritos nas alíneas d) a k), s) e u) do item 7.2.1.2.

**Nota:** Os ensaios de rotina devem ser em 100% do lote, com exceção do ensaio da alíneas s) e o) que deve ser realizado em um transformador de cada tipo (potencia e tensão).

## **7.2.3. Ensaios de recebimento**

**7.2.3.1.** Os ensaios de recebimento são os descritos nas alíneas a) a k), m) e n), p) e r) a v) do item 7.2.1.2 .

## **7.2.4. Ensaios de conformidade**

**7.2.4.1.** A critério da ELETROPAULO, na ocasião do recebimento e sem aviso prévio, podem ser realizados ensaios de conformidade ao protótipo aprovado, sem ônus à ELETROPAULO, para verificar se o fabricante está mantendo a qualidade estabelecida pelos ensaios de tipo. Para esta verificação devem ser realizados os ensaios de tipo prescritos no item 7.2.1.2.

## **7.3. Execução de ensaios**

**7.3.1.** Os ensaios relacionados nos itens 7.2.1 a 7.2.4 devem ser realizados de acordo com a NBR5356 partes de 1 a 7 no que for aplicável última edição, complementadas por esta Norma.

**7.3.2.** Os seguintes ensaios devem ser realizados, conforme descrito:

- a. Pintura: medição da espessura e da aderência da tinta, de acordo com o item 5.6.9 desta Norma e a NBR-11003;
- b. Zincagem, de acordo com a NBR-6323;
- c. Óleo isolante: de acordo com o item 5.6.8 desta Norma. A determinação de teor de PCB deve ser realizada de acordo com a NBR13882. O fabricante deverá também apresentar o certificado de biodegradabilidade conforme OECD 301B e toxicidade conforme OECD 203

- 
- d. Medição de descargas parciais, de acordo com o **ANEXO A** desta Norma;
  - e. Para a aprovação de protótipo, os ensaios do item 7.2.1.2, alíneas f) a i), devem ser realizados em todas as derivações;
  - f. O fator de potência do isolamento e a capacitância devem ser medidos antes e após os ensaios dielétricos. As variações do fator de potência acima de 10% e valores obtidos superiores a 1,0%, a 20°C, devem ser submetidos à avaliação da ELETROPAULO;
  - g. Devem ser levantadas as curvas: tensão x corrente de excitação e tensão x perdas em vazio, até a saturação do núcleo, no protótipo. As perdas em vazio e a corrente de excitação devem ser medidas para 100% da tensão nominal, no ensaio de recebimento, conforme a tabela 8 "PLANO DE AMOSTRAGEM";
  - h. Não será admitida a realização do ensaio de perdas em carga e impedância de curto-circuito com valor reduzido de corrente;
  - i. As impedâncias de curto-circuito podem ter a variação de, no máximo, 7,5% entre as fases, para quaisquer transformadores;
  - j. O ensaio de estanqueidade deve ser realizado a quente, com pressão inicial de 0,02 MPa e não deve ultrapassar 0,05 MPa durante oito horas, sendo que, para o protótipo, o ensaio deve ser iniciado com o nível máximo de óleo. O ensaio de estanqueidade a frio e resistência à pressão deve ser realizado com a aplicação de pressão de 0,07 MPa (0,7 kgf/cm<sup>2</sup>) durante 1 (uma) hora, com flange cega no lugar da válvula de alívio de pressão. O nível de óleo deve ser o de 25° C;
  - k. O ensaio de curto-circuito deve ser realizado de acordo com a NBR-5356-5 desconsiderando a impedância do sistema. No caso de reprovação neste ensaio, o fabricante deve tomar as providências corretivas e submeter o transformador novamente ao ensaio de curto-circuito;
  - l. Após o ensaio de curto-circuito, deve ser realizada nova inspeção visual da parte ativa e os ensaios especificados na NBR-5356-5;
  - m. Nas inspeções de recebimento, devem ser realizados os ensaios de aderência e espessura da pintura, conforme a NBR-11003;
  - n. Nas inspeções de recebimento devem ser realizados os ensaios físico-químicos no óleo vegetal de 10% de cada lote sendo que os resultados deverão atender ao especificado pela norma NBR 16518. Também deverá ser realizada a análise do Teor de PCB conforme a norma NBR 13882, devendo essa ser uma amostragem por lote de fabricação.

- 
- o. O fabricante do transformador deve apresentar os relatórios de ensaios de biodegradabilidade e toxicidade do fornecedor de óleo vegetal no início de fornecimento a cada novo contrato, conforme item 5.6.8.

**Nota:** O ensaio de teor de PCB e de água poderá ser realizado em laboratórios externos de reconhecida idoneidade e homologados pela ELETROPAULO. Todas as despesas decorrentes destes ensaios devem correr por conta do Fabricante.

- p. O ensaio de pressão de atuação da válvula de alívio deve ser executado conforme a NTE-040;
- q. Nos relatórios dos ensaios de rotina, antes e depois do ensaio de curto-circuito, devem constar os valores das resistências e reatâncias ou indutâncias, para cada posição do comutador, bem como para cada fase do transformador;
- r. As comparações entre as reatâncias ou indutâncias, antes ou depois do ensaio de curto-circuito devem ser feitas para cada fase do transformador, não se aceitando a comparação entre os valores médios das três fases;
- s. As reatâncias ou indutâncias devem ser medidas pelo menos 3 vezes, com intervalos de 15 minutos, para verificar se a reprodutividade está conforme a NBR-5356 (menor que +/-0,2%);
- t. A medição do valor da reatância pode ser efetuada por meio de ponte que permite uma melhor precisão da medida.

## 7.4. Amostragem

### 7.4.1. Amostragem para ensaios de tipo

**7.4.1.1.** Para a aceitação do protótipo, 1(um) transformador de cada tipo deve ser submetido a todos os ensaios indicados em 7.2.1.2.

**7.4.1.2.** Se qualquer um dos requisitos desta Norma não for satisfeito, caberá ao fabricante introduzir modificações necessárias no transformador e submetê-lo a todos os ensaios. O fabricante deve iniciar a produção somente após a aprovação do protótipo pela ELETROPAULO.

**7.4.1.3.** Se os ensaios de tipo forem dispensados, o fabricante deve fornecer um relatório completo dos ensaios indicados no item 7.2.1.2, com todas as informações necessárias, inclusive da instrumentação utilizada e as constantes usadas. A eventual dispensa desses ensaios, pela ELETROPAULO, somente será válida se houver comunicação por escrito.

## 7.4.2. Amostragem para ensaios de recebimento

7.4.2.1. Os ensaios de recebimento devem ser feitos em amostras formadas conforme tabela 7, exceto que:

- a) ao ensaio de tensão suportável nominal de impulso atmosférico deve ser realizado em amostra selecionada de acordo com a tabela 8.
- b) os ensaios de tensão suportável nominal à frequência industrial, tensão induzida, estanqueidade a quente, fator de potência do isolamento e descargas parciais devem ser efetuados em 100% o lote apresentado.
- c) os ensaios no óleo isolante após os ensaios finais e a verificação da parte ativa devem ser efetuados em 100% de cada lote.
- d) A amostragem do óleo para envio a ELETROPAULO com a finalidade de realizar a análise cromatográfica deverá ser feita em 100% de cada lote.
- e) Também deverá ser realizada pelo fabricante a análise do Teor de PCB conforme a norma NBR 13882, devendo ser uma amostragem por lote de fabricação.

**TABELA 7 - PLANO DE AMOSTRAGEM**

TAMANHO DO LOTE (peças)	1 <sup>A</sup> FORMAÇÃO			2 <sup>A</sup> FORMAÇÃO		
	Amostras	Ac1	Re1	Amostras	Ac2	Re2
até 4	100%	-	-	-	-	-
5 a 50	5	0	1	-	-	-
51 a 150	13	0	2	13	1	2
151 a 280	20	0	3	20	3	4
281 a 500	32	1	4	32	4	5
501 a 1200	50	2	5	50	6	7

**TABELA 8 - PLANO DE AMOSTRAGEM PARA IMPULSO ATMOSFÉRICO**

TAMANHO DO LOTE (peças)	1 <sup>A</sup> FORMAÇÃO			2 <sup>A</sup> FORMAÇÃO		
	Amostras	Ac1	Re1	Amostras	Ac2	Re2
até 10	1	0	1	-	-	-
11 a 50	2	0	1	-	-	-
51 a 150	3	0	1	-	-	-
151 a 500	5	0	1	-	-	-
501 a 1200	8	0	2	8	1	2

**Notas válidas para as tabelas 8 e 9, citadas a seguir:**

- a) Ac1= número máximo de transformadores reprovados que permite a aceitação do lote;
- b) Re1= número mínimo de transformadores reprovados que obriga a rejeição do lote;
- c) Ac2= número máximo de transformadores reprovados, encontrados nas duas amostras acumuladas, que obriga a rejeição do lote;
- d) Re2= número mínimo de transformadores reprovados, encontrados nas duas amostras acumuladas, que obriga a rejeição do lote;
- e) se o número de transformadores reprovados na primeira amostra for maior que Ac1 e menor que Re1 deve-se formar uma segunda amostra;
- f) qualquer transformador reprovado que faça parte do lote aceito deve ser excluído do mesmo;
- g) entende-se por transformador reprovado aquele que não satisfaz o resultado de qualquer um dos ensaios.

## **8. ACEITAÇÃO OU REJEIÇÃO**

### **8.1. Aceitação do protótipo**

**8.1.1.** O protótipo será aceito se apresentar resultados satisfatórios em todos os ensaios de tipo mencionados em 7.2.1.1.

### **8.2. Aceitação ou rejeição nos ensaios de recebimento**

**8.2.1.** O lote será aceito se os resultados dos ensaios nas amostras, de acordo com a tabela 7, citados no item 7.4.2.1, satisfizerem aos ensaios de recebimento, conforme o item 7.2.3 desta norma, além destes resultados serem compatíveis com aqueles obtidos nos ensaios de rotina, isto é, os valores obtidos nos ensaios dos itens 7.2.2 e 7.2.3 não diferirem entre si maior que a soma dos erros dos instrumentos utilizados nos respectivos ensaios.

**8.2.2.** Se o lote não cumprir as exigências da tabela 7 citada no item anterior, a aceitação ou rejeição deve ser feita individualmente.

**8.2.3.** Se o lote em inspeção não cumprir as exigências da tabela 8, citada no item será dada ao fabricante à oportunidade de reapresentação do mesmo após os reparos, para nova inspeção. Entretanto, se houver alteração de projeto, antes da reapresentação do lote, serão exigidos novos ensaios de tipo (conformidade do tipo), efetuados conforme item 7.2.1. Somente se o transformador satisfizer aos ensaios de

---

tipo, o lote deve ser submetido a uma nova inspeção de recebimento, conforme exigências das tabelas 8 e 9, citadas no item 7.4.2.1. Nesta condição, se houver nova rejeição, o lote deve ser definitivamente rejeitado.

**8.2.4.** A aceitação do lote não invalida qualquer posterior reclamação que a ELETROPAULO possa fazer devida ao transformador defeituoso, nem isenta o fabricante da responsabilidade de fornecer os transformadores de acordo com o contrato de compra e com esta Norma.

**8.2.5.** O lote em inspeção não será aceito se os resultados dos ensaios no óleo isolante não forem satisfatórios de acordo com a amostragem do item 7.4.2.1.

**8.2.6.** O lote em inspeção não será aceito se os resultados da verificação da parte ativa não forem satisfatórios.

## **9. Homologação do Fornecedor**

**9.1.1.** Antes da efetivação da contratação a CONTRATADA deverá ser inspecionada pela Diretoria de Segurança do Trabalho e Meio Ambiente da CONTRATANTE.

O objetivo da inspeção é avaliar os controles de segurança do trabalho e meio ambiente da CONTRATADA.

**9.1.2.** Proponentes que não apresentarem desempenho de segurança do trabalho e meio ambiente satisfatório não serão aprovadas para a prestação dos serviços.

---

**ANEXO A - ENSAIO DE DESCARGAS PARCIAIS**

Os transformadores devem atender os requisitos de descargas parciais, abaixo especificados, e de acordo com a NBR-5356, sem que produzam descargas disruptivas e sem que haja evidência de falha:

- a) O transformador deve ser energizado com os enrolamentos ligados nas respectivas derivações principais. A fonte de tensão para ensaio deve ser trifásica, sendo o neutro do transformador ligado a terra;
- b) A frequência da tensão pode ser aumentada em relação à nominal, de forma a evitar a saturação do circuito magnético do transformador e a mesma não interferirá na duração do ensaio;
- c) Durante a aplicação da tensão de ensaio, deve ser medido o nível de descargas parciais. A tensão de ensaio é a tensão nominal primária da derivação de valor mais elevado ( $V_p$ ) do transformador multiplicado por fator 1,5.
- d) Antes e depois do ensaio, a intensidade do ruído ambiente deve ser anotada, não devendo ser superior a 150 pC;
- e) O transformador deve ser submetido à energização com valores de tensão na sequencia e com duração indicada a seguir:
  - 1) Energizar com uma tensão não superior a 0,5  $V_p$ ;
  - 2) Elevar até 1,5  $V_p$  e manter nesse nível durante 5 minutos. Neste intervalo de tempo, deve ser feita e anotada uma leitura de intensidade de descargas parciais;
  - 3) Elevar até  $\sqrt{3}$   $V_p$  e manter neste nível durante 5 segundos, não sendo necessário fazer leituras;
  - 4) Abaixar até 1,5  $V_p$  e manter neste nível durante 30 minutos, devendo ser efetuadas leituras da intensidade de descargas parciais a cada 5 minutos, nas três fases;
  - 5) Abaixar para um valor inferior a 0,5  $V_p$  e desenergizar o transformador.
- f) A intensidade das descargas parciais à tensão de 1,5  $V_p$  não deve exceder a 300 pC. Os valores das intensidades lidas no instrumento devem ser os maiores em regime contínuo indicados no medidor. Picos ocasionais de leituras, atribuíveis às interferências externas, não devem ser considerados.
- g) O transformador é considerado aprovado neste ensaio se:
  - 1) Não ocorrerem descargas disruptivas;

- 
- 2) As intensidades especificadas em f não foram excedidas e não apresentarem tendência acentuada de crescimento, durante o intervalo de tempo de 30 minutos à tensão de 1,5 Vp. Se a intensidade de descarga parcial exceder, temporariamente, o limite especificado e retornar a um valor não superior a ele, o ensaio deve continuar por mais 30 minutos, a partir do instante de retorno. O transformador é aprovado se, neste intervalo de tempo, satisfizer às condições acima.

---

## ANEXO B – IDENTIFICAÇÃO DO EQUIPAMENTO ISENTO DE PCB

Os equipamentos preenchidos com óleo vegetal isolante não deve apresentar PCB, receberão um adesivo em material resistente aos raios UV, dimensões 100 x 100 mm. O local de instalação de ser próximo às buchas de BT e da tampa do transformador.

