



# **NTE-M-009**

---

**Transformador de Distribuição Subterrâneo em Pedestal**

**Norma Técnica da AES Eletropaulo**

**Diretoria de Planejamento, Engenharia e Obras da Distribuição  
Gerência de Tecnologia da Distribuição  
Coordenação de Normas, Padrões e Métodos  
Gerência de Gestão do Sistema Subterrâneo**

## FOLHA DE CONTROLE

### NTE-M-009 – Transformador de Distribuição Subterrâneo em Pedestal

<b>ELABORADO POR:</b>	Antonio J. G. Amaro	Departamento de Normas e Padrões
<b>APROVAÇÃO:</b>	Julio A. Lages Filho	Departamento de Normas e Padrões
<b>DATA:</b>	Abril/1995	
<b>VERSÃO:</b>	1.0	

<b>REVISADO POR:</b>	Antonio J. G. Amaro	Departamento de Normas e Padrões
<b>APROVAÇÃO:</b>	Julio A. Lages Filho	Departamento de Normas e Padrões
<b>DATA:</b>	Abril/1997	
<b>VERSÃO:</b>	2.0	

<b>REVISADO POR:</b>	Antonio João Monteiro Rogério Carneiro	Gerência de Engenharia da Distribuição Gerência de Engenharia da Subtransmissão
<b>APROVAÇÃO:</b>	Gerson I. Pimentel Angelo A. M. Quintão	Gerência de Engenharia da Distribuição Gerência de Engenharia da Distribuição
<b>DATA:</b>	Setembro/2011	
<b>VERSÃO:</b>	3.0	

<b>REVISADO POR:</b>	Antonio João Monteiro Rogério Carneiro	Gerência de Serviços Técnicos Gerência de Serviços Técnicos
<b>APROVAÇÃO:</b>	Angelo A. M. Quintão	Gerência de Serviços Técnicos
<b>DATA:</b>	Novembro/2016	
<b>VERSÃO:</b>	4.0	

VERSÃO	DATA	DESCRIÇÃO RESUMIDA DAS MODIFICAÇÕES
1.0	04/1995	Elaboração
2.0	04/1997	Revisão Geral
3.0	09/2011	Revisão Geral/ Logomarca/ Óleo vegetal
4.0	11/2016	Revisão Geral/ inserção da classe de tensão 24,2 kV e tipo isolamento do enrolamento

**Observação:**

Este documento cancela e substitui os documentos: NTE-005.

---

**INDICE**

INTRODUÇÃO.....	5
OBJETIVO .....	6
1. ABRANGÊNCIA E PROCESSOS ENVOLVIDOS.....	7
2. REFERÊNCIAS .....	8
2.1. Normas.....	8
2.2. Desenho padronizado da AES ELETROPAULO.....	10
3. TERMINOLOGIA .....	11
4. DEFINIÇÕES .....	11
4.1. Transformador em pedestal.....	11
5. CONDIÇÕES GERAIS.....	11
5.1. Condições gerais de serviço.....	11
5.2. Condições de instalação.....	12
5.3. Instruções técnicas.....	12
5.4. Desenhos .....	12
5.5. Garantia.....	13
5.6. Acondicionamento e transporte .....	14
5.7. Projeto geral .....	15
5.8. Prazo de entrega .....	15
5.9. CARACTERÍSTICAS CONSTRUTIVAS .....	15
5.9.1. Generalidades.....	15
5.9.2. Soldas.....	15
5.9.3. Tanque.....	16
5.9.4. Compartimentos.....	17
5.9.5. Tampa .....	17
5.9.6. Base.....	18
5.9.7. Guarnição .....	18
5.9.8. Materiais isolantes .....	18
5.9.9. Líquido isolante .....	19
5.9.10. Acabamento .....	19
5.9.10.1. Pintura Interna.....	19
5.9.10.2. Pintura externa .....	19
5.9.11. Núcleo .....	20
5.9.12. Enrolamentos e isolamentos .....	20
5.9.13. Condutores e terminais .....	21
5.9.14. Dispositivos de proteção .....	22
5.9.15. Buchas.....	22
5.9.16. Flanges para buchas de cavidade .....	23
5.9.17. Terminal para aterramento .....	23
5.9.18. Conectores Terminais .....	23
5.9.19. Ferragens.....	23
5.9.20. Comutador de derivações.....	23
5.9.21. Marcação.....	24
5.9.21.1. Marcação interna da parte ativa .....	24
5.10. ....	24
5.10.1.1. Marcação interna aos compartimentos .....	24
5.10.1.2. Marcação externa .....	24
5.10.2. Dimensões e Pesos.....	24

---

5.10.3.	Válvula globo para drenagem do líquido isolante .....	24
5.10.4.	Bujão para enchimento do líquido isolante (ligação filtro-prensa).....	24
5.10.5.	Indicador de nível de líquido isolante.....	25
5.10.6.	Termômetro tipo indicador para líquido isolante.....	25
5.10.7.	Manômetro tipo indicador para gás inerte .....	25
5.10.8.	Dispositivo de alívio de pressão .....	25
5.10.9.	Dispositivo para enchimento de gás .....	26
5.10.10.	Meios de suspensão da parte ativa e do transformador.....	26
5.10.11.	Placa de identificação .....	26
5.10.12.	Placa de advertência externa.....	26
5.10.13.	Placa de advertência interna.....	26
6.	CONDIÇÕES ESPECÍFICAS.....	27
6.1.	Potências nominais .....	27
6.2.	Tensões nominais .....	27
6.3.	Tensão de despacho .....	27
6.4.	Níveis de isolamento .....	27
6.5.	Frequência nominal.....	28
6.6.	Deslocamento angular e diagrama vetorial .....	28
6.7.	.....	28
6.8.	Perdas, correntes de excitação e impedância de curto-circuito.....	28
6.9.	Limites de elevação de temperatura.....	30
6.10.	Nível de ruído.....	30
6.11.	Nível de tensão de rádio-interferência .....	30
7.	INSPEÇÃO .....	31
7.1.	Generalidades .....	31
7.2.	Ensaio.....	31
7.2.1.	Ensaio de tipo .....	31
7.2.2.	Ensaio de rotina.....	33
7.2.3.	Ensaio de recebimento.....	33
7.3.	Execução dos ensaios.....	33
7.3.3.	Pintura.....	35
7.3.4.	Óleo isolante .....	35
7.4.	Amostragem .....	35
7.4.1.	Amostragem para ensaios de tipo .....	35
7.4.2.	Amostragem para ensaios de recebimento.....	35
8.	ACEITAÇÃO OU REJEIÇÃO .....	36
8.1.	Aceitação nos ensaios de tipo .....	36
8.2.	Aceitação ou rejeição nos ensaios do recebimento.....	37
ANEXO A - INFORMAÇÕES TÉCNICAS GARANTIDAS PELO FABRICANTE.....		38
ANEXO B – Identificação do equipamento isento de PCB .....		41

## **INTRODUÇÃO**

A AES Eletropaulo buscando melhorar a qualidade, confiabilidade e otimização do Sistema Subterrâneo, com redução de custos de operação e manutenção e garantindo uma melhor eficiência no fornecimento de energia Elétrica, elaborou esta Norma Técnica também visando novas tecnologias de mercado.

## **OBJETIVO**

Esta Norma estabelece os requisitos mínimos exigíveis para o fornecimento de transformadores trifásicos em pedestal (pad-mounted), 60 HZ, imersos em óleo isolante mineral ou vegetal, utilizados nos sistemas de distribuição, tensão máxima do equipamento 15 kV ou 25 kV, destinados à Eletropaulo Metropolitana Eletricidade de São Paulo.

Os transformadores em pedestal devem satisfazer os requisitos desta Norma, complementada pela ANSI C.57.12.26.

As regras gerais estabelecidas nesta norma irão contribuir para a uniformização dos processos de aquisição dos equipamentos da rede de distribuição subterrânea e ainda trazer os seguintes benefícios abaixo:

- Atendimento das legislações e regulamentações em vigor.
- Melhoria na qualidade da energia elétrica.
- Redução das taxas de falhas, contribuindo para a redução do FEC e consequentemente redução do DEC na área de concessão da AES Eletropaulo.

## **1. ABRANGÊNCIA E PROCESSOS ENVOLVIDOS**

Esta norma técnica traça as diretrizes para aquisição de transformador pedestal, estipulando as questões operativas, relação de ensaios e etc.

Aplicável nos processos de construção e manutenção de redes de distribuição subterrânea submersível.

O treinamento operacional deve repassar aos operacionais o conteúdo desta norma, desta forma mantendo o corpo técnico atualizado, mas ações de operação e manutenção.

## 2. REFERÊNCIAS

Na aplicação desta Norma, poderá ser necessário consultar as normas e documentos apresentados a seguir.

### 2.1. Normas

NBR 5034	Buchas para tensões alternadas superiores a 1 kV – Especificação;
NBR 5161	Produtos laminados planos de aço para fins elétricos de grão orientado – Verificação das propriedades;
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 5370	Conectores de Cobre para Condutores Elétricos em Sistemas de Potência;
NBR 5405	Materiais isolantes sólidos - Determinação da rigidez dielétrica sob frequência industrial - Método de ensaio;
NBR 5435	Bucha para transformadores sem conservador de óleo – Tensão nominal 15 kV e 25,8 kV - 160 A - Dimensões – Padronização;
NBR 5437	Bucha para transformadores sem conservador de óleo-Tensão nominal 1,3 kV 160, 400 e 800 A - Dimensões – Padronização;
NBR 5440	Transformadores para redes aéreas de distribuição – Padronização;
NBR 5456	Eletricidade geral – Terminologia;
NBR 5458	Transformador de Potência - Terminologia;
NBR 5590	Tubo de aço-carbono com ou sem solda longitudinal, pretos ou galvanizados – Requisitos;
NBR 5906	Bobinas e chapas laminadas a quente de aço - carbono para estampagem – Especificação;
NBR 5915-1	Chapa e bobinas de aço laminadas a frio – Parte 1: Requisitos;

---

NBR 5915-2	Chapa e bobinas de aço laminadas a frio – Parte 2: Aços para estampagem;
NBR 6323	Galvanização por imersão a quente de produtos 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 7398	Produto de aço ou ferro fundido galvanizado por imersão a quente - Verificação da aderência do revestimento - Método de ensaio;
NBR 7399	Produto de aço ou ferro fundido galvanizado por imersão a quente - Verificação da espessura do revestimento por processo não destrutivo - Método de ensaio;
NBR 8371	Ascarel para transformadores e capacitores - Características e riscos;
NBR 11835	Acessórios isolados desconectáveis para cabos de potência para tensões de 15kV e 35kV;
NBR 11888	Bobinas e chapas finas a frio e a quente de aço de alta resistência e baixa liga – Requisitos Gerais;
NBR 11889	Bobinas e chapas grossas de aço-carbono e de aço de baixa liga e alta resistência - Requisitos;
NBR 13882	Líquidos isolantes elétricos – Determinação do teor de Bifenilas policloradas (PCB)
NBR 15422	Óleo vegetal isolante para equipamentos elétricos
NBRIEC 60085	Isolantes elétricos - Avaliação térmica e designação;
ET. 01	Método de ensaio de superfícies pintadas de equipamentos elétricos;
ANSI C57.12.26	Pad-mounted compartmental-type, self-cooled, three-phase distribution transformers for use with separable insulated high-voltage connectors, high-voltage, 34500 grd y / 19920 V and below, 2500 kVA and smaller;
ASTM D 4059	Standard test method for analysis of polychlorinated biphenyls in insulating liquids by gas chromatography;
SIS- 05.5900	Pictorial surface preparation - Standard for painting steel surfaces ; Resolução CNP no 09/88 e Regulamento Técnico CNP no 06/79 - Rev. 2, do Conselho Nacional do Petróleo; Regulamento Técnico DNC no 03/94 do Departamento Nacional de Combustíveis.

---

**Nota:** As normas mencionadas não excluem outras reconhecidas, desde que:

- Assegurem qualidade igual ou superior;
- Sejam mencionadas pelo proponente na proposta técnica;
- Sejam anexadas à proposta;
- Sejam aceitas pela AES Eletropaulo.

## **2.2. Desenho padronizado da AES ELETROPAULO**

MP-60-27	Bucha de cavidade de inserção curta - 15/25 kV
MP-77-01	Transformador Trifásico em pedestal classe 15 e 25 kV até 500 kVA
MP-77-02	Placa de identificação de transformadores em pedestal
MP-77-03	Fecho de compartimento (rede subterrânea)
MP-77-04	Cadeado
MP-77-05	Manômetro
MP-77-06	Conjunto para enchimento de óleo e ligação ao filtro prensa
MP-77-07	Placa de advertência interna
MP-77-08	Placa de advertência externa
MP-77-09	Bucha secundária para transformadores de 300 e 500 kVA
MP-77-10	Conector terminal secundário para transformadores de 300 e 500 kVA
MP-77-11	Dispositivo de preenchimento de gás
MP-77-12	Termômetro
MP-77-13	Indicador tipo visor de nível do líquido isolante
MP-77-14	Válvula globo para drenagem
MP-77-15	Terminal para aterramento
MP-77-16	Flange para fixação da bucha de cavidade de inserção
MP-77-17	Bucha secundária para transformador de 75 a 225 kVA
MP-77-18	Comutador trifásico acionamento externo

### 3. TERMINOLOGIA

**ABNT** - Associação Brasileira de Normas Técnicas;  
**NBR** – Norma Brasileira;  
**IEC** - International Electrotechnical Commission;  
**ASTM** – American National Standards Institute;  
**ANSI** - American National Standards Institute.  
**IEEE** - Institute of Electrical and Electronics Engineers  
**ET** – Especificação da AES Eletropaulo.

### 4. DEFINIÇÕES

Para os efeitos desta Norma são utilizadas as definições constantes na NBR 5458, complementada pela apresentada a seguir e nas demais normas mencionadas no item 2 desta Norma e para facilitar a utilização desta norma apresenta as seguintes definições.

#### 4.1. Transformador em pedestal

**4.1.1.** Transformador selado para utilização ao tempo, montado sobre uma base de concreto, com compartimentos blindados para conexão de cabos de média tensão e de baixa tensão.

**NOTA:** para simplificação desta Norma o termo "transformador em pedestal" será designado apenas por "transformador".

### 5. CONDIÇÕES GERAIS

#### 5.1. Condições gerais de serviço

**5.1.1.** As condições normais de funcionamento devem estar de acordo com as especificadas na NBR-5356 partes de 1 a 5 e devem ser consideradas condições normais as seguintes:

- Temperatura ambiente não superior a 40 °C e temperatura média, em qualquer período de 24 horas, não superior a 30 °C;
- Altitude não superior a 1.000 m;
- Tensão de alimentação aproximadamente senoidal e tensões de fase, que alimentam um transformador polifásico, aproximadamente iguais em módulo e defasagem;
- Corrente de carga aproximadamente senoidal e fator harmônico não superior a 0,05pu, conforme NBR 5356.
- Os transformadores devem ser projetados para funcionamento como abaixadores;
- Instalação no nível do solo, onde há possibilidade de submersão de qualquer natureza.

---

## **5.2. Condições de instalação**

**5.2.1.** Os transformadores deverão ser instalados sobre bases de concreto localizadas em praças, jardins de imóveis (reco) ou outros locais que disponham de espaços adequados. Nessas instalações podem ocorrer eventuais contatos de pessoas ou animais com as partes metálicas externas dos transformadores que, para tanto, devem ser adequadamente projetados e protegidos para evitar acidentes, sendo que o compartimento dos terminais de alta e baixa tensão deve apresentar grau de proteção IP54 ou superior.

## **5.3. Instruções técnicas**

**5.3.1.** O fabricante deve fornecer instruções técnicas e outros dados necessários para instalação, ensaios, operação e manutenção dos transformadores, bem como informações completas (certificados de ensaios) dos materiais usados na construção dos transformadores, tais como: gaxetas, guarnições, etc.

## **5.4. Desenhos**

**5.4.1.** Durante a proposta e após a adjudicação do Contrato de Compra, o fabricante deve fornecer a AES ELETROPAULO, cópias dos seguintes desenhos:

- a) Contorno cotado de cada tipo e potência do transformador mostrando a localização das buchas, acessórios e dimensões reais necessários ao projeto de instalação do transformador.
- b) Contorno das buchas de tensão superior e de tensão inferior, incluindo detalhes dos terminais, que devem estar de acordo com a NBR 5034 e NBR 5437 respectivamente.
- c) Placa de identificação e diagramática, devidamente preenchida.
- d) Placas de advertência (interna e externa).
- e) Base do transformador.
- f) Guarnições especificando material, quantidades e localizações.
- g) Todos os acessórios exigidos.
- h) Radiadores.
- i) Parte ativa.
- j) Válvula de alívio de pressão.
- k) Dimensional e montagem dos dispositivos de proteção (baionetas e fusíveis de expulsão/ limitadores de corrente).
- l) Curvas de atuação dos fusíveis de expulsão e limitadores de corrente.
- m) Qualquer outro desenho julgado necessário para avaliação técnica do projeto a critério da AES ELETROPAULO.

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

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

**5.4.3.** Os desenhos devem ser originais ou apresentados em cópias xerox ou heliográficas. Não são aceitas folhas de catálogos ou outros tipos de cópias.

**5.4.4.** Os desenhos, após a aprovação, deverão ser enviados em meios magnéticos óticos (CD ROM), feitos através de AUTO CAD desde que obedecendo aos requisitos acima e em padrão compatível com Auto Cad ou outros softwares sob consulta prévia. Devem ser incluídos arquivos de índices com extensão.txt, descrevendo e relacionando os desenhos.

**5.4.5.** Na parte técnica, obrigatoriamente devem ser apresentadas as características técnicas garantidas do equipamento ofertado, conforme modelo do Anexo A.

#### **Notas:**

**a)** Todos os documentos mencionados devem ser previamente liberados pela AES ELETROPAULO, anteriormente a realização de ensaios e / ou fornecimento.

**b)** Qualquer proposta alternativa deve expor com clareza e em detalhes os pontos divergentes desta Norma, as características principais do equipamento, os resultados de experiências anteriores com o novo projeto e os desenhos necessários para uma perfeita avaliação do equipamento.

### **5.5. Garantia**

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

**5.5.2.** O fabricante deve garantir a eficiência de operação do transformador por um período de 24 (vinte e quatro) meses, a partir da data da emissão da nota fiscal ou o período estipulado pelo Contrato de Compra. Qualquer defeito que se manifestar durante este período, por responsabilidade do fabricante, deve ser reparado às suas custas e sem qualquer ônus para a AES ELETROPAULO. A data do defeito deve ser confirmada por um documento interno desta Empresa. 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 vigência a partir da reenergização do transformador, período este que deve ser de 24 (vinte e quatro) meses.

**5.5.3.** O fornecedor será obrigado a reparar tais defeitos ou, se necessário, a substituir o material/equipamento defeituoso, às suas expensas, responsabilizando-se por todos os custos decorrentes, sejam de material, de mão de obra ou de transporte.

**5.5.4.** Se a falha constatada for oriunda de erro de projeto ou de produção, tal que comprometa todas as unidades do lote, o fornecedor será obrigado a repará-las, independente da ocorrência de defeito em cada uma delas, e, se as mesmas estão ou não em garantia.

**5.5.5.** Mediante a devida comunicação da ocorrência do defeito ao fornecedor, a AES Eletropaulo reserva-se o direito de optar pela permanência do material/equipamento insatisfatório em operação, até que possa ser retirado do serviço sem prejuízo para o sistema e entregue ao fornecedor para os reparos definitivos.

**5.5.6.** As partes metálicas externas, tais como tanque, tampas, radiadores, compartimentos, etc., devem ser garantidos contra corrosão, por um período de 05 (cinco) anos a contar da data da nota fiscal.

**5.5.7.** O material usado nas guarnições não deve sofrer alterações em suas propriedades físicas e químicas durante sua vida útil.

## **5.6. Acondicionamento e transporte**

**5.6.1.** O acondicionamento do transformador deverá ser efetuado de modo a garantir um transporte seguro em quaisquer condições e limitações que possam ser encontradas.

**5.6.2.** A embalagem do tipo palete deve possibilitar movimentação e deverá proteger todo o transformador contra quebras e danos de qualquer espécie, desde a saída da fábrica até a chegada ao local de destino, e ser feita de modo que a massa e as dimensões sejam mantidas dentro de limites razoáveis, a fim de facilitar o manuseio, o armazenamento e o transporte.

**5.6.3.** As embalagens não serão devolvidas ao fornecedor.

**5.6.4.** Cada volume de embalagem deverá apresentar externamente marcação indelével e facilmente legível, com pelo menos os seguintes dados:

- a) Nome ou marca do fornecedor.
- b) Número do Pedido de compra.
- c) Número da nota fiscal.
- d) Quantidade e tipo do material contido em cada volume.
- e) Massa total do volume (massa bruta), em quilogramas.

**5.6.5.** Marcações adicionais, necessárias para facilidade de transporte de materiais importados, poderão ser usadas e deverão ser indicadas no pedido de compra ou nas instruções para embarque.

**5.6.6.** Cabe ao fabricante prover as medidas de segurança para o transporte e o seguro sobre o transporte quando exigidos pelas autoridades.

**5.6.7.** O transformador deve estar completamente montado.

**5.6.8.** 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>).

**5.6.9.** Os transformadores devem somente ser liberados para transporte após devidamente inspecionados e ensaiados pelo(s) inspetor(es) da AES Eletropaulo, com o óleo até o nível indicado, com todos os acessórios solicitados e com ligação na derivação de tensão primária de despacho, conforme tabela 2, prontos para entrar em operação e nas condições de transporte previamente estipulados.

## **5.7. Projeto geral**

O projeto de todos os transformadores deve adotar os aperfeiçoamentos tecnológicos comprovados, bem como atender às condições de operação, de instalação, de manutenção e de transporte, além das qualidades exigíveis compatíveis com o alto grau de confiabilidade necessária a este tipo de transformador. Quando forem fornecidos transformadores em uma dada encomenda com a mesma especificação de fabricação, os mesmos devem ser essencialmente iguais, com todas as peças correspondentes intercambiáveis.

## **5.8. Prazo de entrega**

**5.8.1.** O fabricante deve indicar na proposta o prazo de entrega do equipamento, a contar da data da emissão do Contrato de compra, bem como o cronograma de fabricação. O prazo final estabelecido deve ser estritamente respeitado.

## **5.9. CARACTERÍSTICAS CONSTRUTIVAS**

### **5.9.1. Generalidades**

**5.9.1.1.** O transformador consiste, basicamente, de um tanque, um compartimento de entrada dos cabos de média tensão (compartimento de média tensão) e um compartimento de saída dos cabos de baixa tensão (compartimento de baixa tensão). Estes três componentes deverão ser reunidos em uma única unidade, a prova de tempo e resistente aos agentes atmosféricos. Cada um dos compartimentos deve possuir uma porta.

**5.9.1.2.** O transformador não deve possuir parafusos ou dispositivos de fechamentos (dobradiças) que possam ser removidos externamente assim como não deve possuir aberturas que permitam a introdução de objetos estranhos, tais como fios, hastes, etc.

**5.9.1.3.** O transformador deve ser construído de modo a permitir seu levantamento e seu deslocamento sem implicar em problemas com os cabos de entrada/saída.

**5.9.1.4.** O transformador deve ser construído de maneira a não possibilitar a acumulação de água na parte superior da tampa, através de inclinação da mesma e, também, a penetração de água em seu interior, em condições normais de operação.

### **5.9.2. Soldas**

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

### 5.9.3. Tanque

**5.9.3.1.** O tanque deve ser de construção selada, de chapas de aço, com espessuras indicadas na Tabela 1.

**Tabela 1: Espessuras de chapas**

Utilização		Espessura (mm)
Tanque	Paredes Laterais	6,30
	Tampa e Fundo	9,50
Radiadores	Tubo	1,60
	Aleta	2,25 (*)
Compartimento		2,65

**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 contínua (costura) nas cabeceiras e laterais;
- Pontos de solda nos canais, longitudinal a cada 10 mm.

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

**5.9.3.3.** As chapas dos radiadores devem estar de acordo com as normas NBR 5906 e NBR 5915 parte 1 e 2 e no caso de tubos devem resistir aos ensaios previstos na norma NBR 5356.

**5.9.3.4.** 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 (0,5 kgf/cm<sup>2</sup>).

**5.9.3.5.** 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.

**5.9.3.6.** O nível do líquido isolante a 25° C deve ser marcado internamente no tanque, em baixo ou em alto relevo e pintado com tinta indelével, contrastando com a pintura interna, e deve estar no mínimo, 50 mm acima da parte viva de maior cota em relação ao fundo do tanque.

#### **5.9.4. Compartimentos**

**5.9.4.1.** Os compartimentos de baixa e de média tensão devem ser localizados lado a lado, em uma das laterais maiores do transformador. Olhando para os compartimentos do transformador, o correspondente a baixa tensão deve estar situado à direita.

**5.9.4.2.** As paredes e as portas dos compartimentos devem ser construídas de chapas de aço com espessuras indicadas na Tabela 1.

**5.9.4.3.** As chapas de aço dos compartimentos devem estar de acordo com as normas NBR 6648, NBR 6649, NBR 6650, NBR 11888 no que for aplicável.

**5.9.4.4.** Os compartimentos de baixa e de média tensão devem ter portas de acesso independentes. A abertura da porta do compartimento de média tensão somente pode ser feita posteriormente a abertura da porta do compartimento de baixa tensão, através da remoção de um ou mais dispositivos de travamento. Estes dispositivos só poderão ser removidos com o uso de ferramentas.

**5.9.4.5.** Os compartimentos de baixa e de média tensão devem ser separados por uma barreira metálica removível.

**5.9.4.6.** O transformador deve ser construído de maneira a possibilitar a remoção das portas dos compartimentos após a abertura das mesmas.

**5.9.4.7.** A porta do compartimento de baixa tensão deve ter fechos especiais de acordo com o desenho MP-77-03 e possibilitar a colocação de cadeado conforme desenho MP-77-04.

**5.9.4.8.** As portas dos compartimentos de média e de baixa tensão devem permitir uma abertura mínima de 120°. Estas portas devem ter dispositivos que possibilitem:

**a)** O aterramento das mesmas, através de fios ou cordoalhas de cobre estanhadas e que permitam desconexões para remoção das portas;

**b)** A fixação das portas na posição aberta de maneira a impedir o seu fechamento indevido.

**5.9.4.9.** As dobradiças das portas deverão ser embutidas.

#### **5.9.5. Tampa**

**5.9.5.1.** A tampa deve ser construída de chapas de aço com espessura indicada na Tabela 1.

**5.9.5.2.** A tampa e as bordas do tanque devem ser dimensionadas de forma a permitir a colocação de grampo para o fechamento do tanque para os ensaios preliminares, antes da soldagem (borda de aproximadamente 60 mm). A tampa, após a realização desses ensaios, deve ser soldada ao tanque.

**5.9.5.3.** 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 que não afete e nem seja afetada pelo líquido isolante. A tampa deve ser 10mm menor que a borda do tanque.

#### **5.9.6. Base**

**5.9.6.1.** 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.

**5.9.6.2.** O transformador deve ser fornecido com, no mínimo com 4 dispositivos de fixação em sua base, que devem ser localizadas internamente aos compartimentos de média e baixa tensão.

**Nota:** Caso seja solicitado na Licitação/Contrato o transformador deve ser fornecido com 2 dispositivos adicionais de fixação externa, localizados de acordo com o desenho MP-77-01.

#### **5.9.7. Guarnição**

**5.9.7.1.** O material e o fabricante das guarnições e/ou juntas de vedação devem ser aprovados previamente pela ELETROPAULO. O fabricante deve indicar a composição básica do material utilizado e apresentar certificados de ensaios das características físico-químico (densidade, dureza, cinzas, enxofre livre, deformação permanente, envelhecimento, resistência à tração, aos raios UV, a água e compatibilidade com o óleo mineral ou vegetal isolante), solicitados por ocasião da aprovação, fornecidos por um instituto oficial.

**5.9.7.2.** O material usado nas guarnições não deve afetar e nem ser afetado pelo líquido isolante nas condições de operação do transformador, conforme NBR 5356.

**5.9.7.3.** O projeto das juntas deve ser tal que preserve e sele as guarnições, protegendo-as contra a ação de água, ambientes corrosivos e assegure às juntas estanqueidade ao líquido isolante e à água.

**5.9.7.4.** Algumas guarnições, quando danificadas durante o transporte, devem ser substituídas no local. O fabricante deve fornecer as guarnições a serem substituídas e executar os serviços necessários para colocar o transformador em serviço, sem ônus para a AES ELETROPAULO.

#### **5.9.8. Materiais isolantes**

**5.9.8.1.** Os materiais isolantes dos transformadores devem ser da classe A (105° C), conforme a norma NBRIEC60085.

### **5.9.9. Líquido isolante**

**5.9.9.1.** O óleo isolante a ser utilizado nos transformadores pode ser óleo mineral parafínico inibido ou naftênico ou vegetal, tratado com equipamento termo-vácuo, e deverá ser colocado sob vácuo no transformador.

**5.9.9.2.** Óleo vegetal deve ser fornecido acordo com a ABNT NBR 15422. Caso o transformador for preenchido com óleo vegetal deve ser pintado no corpo do transformador (Óleo Vegetal) e na placa de identificação. O Fabricante do transformador deve informar todos os cuidados que se deve ter no manuseio, transporte, tratamento e preenchimento do óleo.

**5.9.9.3.** O óleo parafínico (óleo tipo B) deve estar de acordo com a Resolução n° 09 de 01/11/88 e Regulamento Técnico CNP- 06/79 Revisão 2, inibido com (0,3+/-0,03) % de DBPC (2,6 – di-terciário-butil paracresol) em massa.

**5.9.9.4.** O óleo naftênico (tipo A) deve estar de acordo com a Portaria n° 46 de 02/12/94 e Regulamento Técnico DNC- 03/94.

**5.9.9.5.** Em ambos os casos, o teor de PCB no óleo isolante não deve ser detectável, quando for ensaiado conforme a ASTM D 4059.

**5.9.9.6.** O óleo mineral ou vegetal devem possuir as características após contato com o equipamento o estabelecido na NBR-5440.

### **5.9.10. Acabamento**

#### **5.9.10.1. 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, que não afete e nem seja afetada pelo líquido isolante, com espessura seca total mínima de 40 µm.

#### **5.9.10.2. 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 2 1/2 da norma SIS 05.5900.

**b)** Tinta de fundo: deve ser aplicada base com primer epoxi-poliamida/óxido de ferro bicomponente, com espessura seca total mínima de 80 µm.

**c)** Tinta de acabamento: deve ser aplicado esmalte poliuretano alifático bicomponente, com espessura seca total mínima de 70 µm, na cor verde (EMBLEMA), notação Munsell 2,5 G 3/4, devendo suportar os ensaios previstos na norma E-T. 01 da ELETROPAULO e o ensaio de resistência atmosférica úmida.

### **5.9.11. Núcleo**

**5.9.11.1.** O núcleo deve ser construído de laminados planos de aço de grão orientado para fins elétricos, com envelhecimento máximo admissível de 5 % conforme norma NBR 5161, tratadas e isoladas entre si e, se necessário, para garantir o isolamento, receber isolamento adicional apropriado para núcleos imersos em líquidos isolantes. Não se aceita o isolamento com papel entre lâminas ou entre pacotes de lâminas. O produto laminado deve satisfazer aos ensaios prescritos na norma NBR 5161.

**5.9.11.2.** Os laminados devem ser presos no lugar por uma estrutura apropriada que sirva para centrar, firmar e retirar a parte ativa do tanque. Não são permitidas culatras de madeira para prensagem do núcleo.

**5.9.11.3.** Para fins de ligação a terra, o núcleo deve ter ligação elétrica ao tanque, através de fita de cobre.

**5.9.11.4.** Os tirantes usados na fixação dos laminados devem ser isolados.

### **5.9.12. Enrolamentos e isolamentos**

**5.9.12.1.** Os enrolamentos de alta tensão devem ser constituídos de fios de cobre e os enrolamentos de baixa tensão poderão ser constituídos ou de fios de cobre ou de chapas de cobre ou de alumínio.

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

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

**5.9.12.4.** Todos os enrolamentos do transformador devem ser de isolamento total para a 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.

**5.9.12.5.** Os materiais isolantes e compostos de impregnação devem ser compatíveis entre si e não devem afetar nem serem afetados pelo líquido isolante, nem sofrer deterioração indevida, quando submetidos à temperatura resultante da operação do equipamento em regime contínuo de carga, que ocasione uma elevação de temperatura que atinja os limites estabelecidos no item 5.9.8.

**5.9.12.6.** Deve ser usado somente papel "kraft" neutro ou papel para fins elétricos que não seja fenólico. É permitido o uso de papel "kraft" neutro parcialmente impregnado com verniz epóxi de tal forma a permitir a impregnação do papel com líquido isolante do transformador.

**5.9.12.7.** Os enrolamentos (fios) isolados por papel "kraft" neutro não devem ser impregnados com verniz isolante.

**5.9.12.8.** O fabricante deve mencionar a seção dos condutores com suas respectivas dimensões, o número de espiras e o peso para todos os enrolamentos. Os fios de baixa tensão devem ser isolados somente em papel "kraft" neutro, assim como os fios de média tensão dos transformadores de potências nominais iguais ou superiores a 150 kVA. Os fios de cobre isolados em papel devem estar de acordo com a classe de tensão, devendo, também, o fabricante fornecer o certificado de aprovação dos mesmos, com os seguintes ensaios:

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

**5.9.12.9.** No caso dos transformadores de 75 e 150 kVA será permitido o uso de fio de cobre esmaltado nos enrolamentos de média tensão, devendo o fabricante fornecer o certificado de aprovação dos mesmos, com os seguintes ensaios:

- Rigidez dielétrica;
- Resistência elétrica;
- Alongamento à ruptura;
- Resistência ao óleo do transformador;
- Continuidade da película de esmalte.

### **5.9.13. Condutores e terminais**

**5.9.13.1.** Os condutores internos e partes vivas devem ser providos de reforços adequados e instalados com comprimentos tais que possibilitem reparos. Todos os condutores terminais devem ser isolados. Todas as ligações entre os condutores terminais e os terminais de enrolamentos devem ser feitos com solda forte, sendo que qualquer outro sistema de ligação deve ser submetido à aprovação da AES ELETROPAULO.

**5.9.13.2.** Todos os furos em material laminado, através dos quais devem passar condutores, devem ser embuchados com porcelana não porosa ou resina epóxi. No caso de passagem de condutores terminais isolados através de suporte, os mesmos devem ser embuchados com tubos isolantes de espessura e comprimento apropriados para prevenir, em qualquer circunstância, descarga disruptiva pelas superfícies ou através dos suportes. Qualquer outro material deve ser submetido à aprovação prévia da AES ELETROPAULO.

**5.9.13.3.** Os terminais de saída devem ser construídos de maneira a impedir o escape de líquidos isolantes por vazamento através das buchas de porcelana.

**5.9.13.4.** As ligações entre os condutores terminais e os terminais de enrolamento, devem estar totalmente imersas no líquido isolante.

**5.9.13.5.** As buchas do tipo parafuso central, utilizadas como terminais devem ser projetadas levando-se em consideração o especificado no item 5.9.13.2. Os parafusos 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 tanto para as buchas do tipo parafuso central, bem como para os parafusos que fixam a bucha.

**5.9.13.6.** Os condutores terminais e terminais de enrolamentos devem ser fixados rigidamente à parte ativa, por meio de material sólido, não sendo permitido o uso de quaisquer amarrações, pregos, etc.

#### **5.9.14. Dispositivos de proteção**

**5.9.14.1.** Os transformadores deverão ser fornecidos com fusíveis do tipo expulsão em série com fusíveis do tipo limitador de corrente, em cada fase.

**5.9.14.2.** Os fusíveis de expulsão deverão ser instalados em baionetas fixadas nas paredes do compartimento de media tensão com extremidades acessíveis externamente, de modo a permitir a instalação/retirada destes fusíveis em campo.

**5.9.14.3.** Os fusíveis limitadores de corrente deverão operar imersos em óleo isolante e serem instalados em base apropriada.

**5.9.14.4.** Os fusíveis limitadores de corrente não devem operar para defeitos externos ao transformador (curtos nos circuitos secundários).

**5.9.14.5.** O fornecedor deverá discriminar os fusíveis (tipo, fabricante, corrente nominal, etc.) e comprovar a efetiva operação dos mesmos para proteção do transformador.

#### **5.9.15. Buchas**

**5.9.15.1.** As buchas de tensão primária devem ser desconectáveis do tipo cavidade de inserção curta, tensão nominal 15/25 kV, corrente nominal 200 A, de acordo com o desenho MP-60-27 e norma NBR 11835. As buchas devem ser fornecidas com uma cobertura protetora de acordo com o desenho MP-60-27.

**5.9.15.2.** As buchas secundárias, em função da potência do transformador, deverão ser dos seguintes tipos:

- 75 kVA - Bucha 1,3 kV - 400 A, conforme desenho AES ELETROPAULO MP-77-17.
- 150 kVA - Bucha 1,3 kV - 800 A, conforme desenho AES ELETROPAULO MP-77-17.
- 300 e 500 kVA - Bucha secundária, conforme desenho AES ELETROPAULO MP-77-09.

**5.9.15.3.** Os flanges para fixação das buchas de tensão primária e de tensão secundária devem ser usinados rebaixos com 2 mm de profundidade para alojamento das guarnições.

**5.9.15.4.** As buchas do 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.

**5.9.15.5.** O proponente deve informar o(s) nome(s) do(s) fabricante(s) das buchas desconectáveis. A AES ELETROPAULO reserva o direito de aprovar o(s) fabricante(s) indicado(s) pelo proponente, assim como de exigir ou não os ensaios das buchas.

**5.9.15.6.** A localização das buchas no transformador deve estar de acordo com o desenho MP-77-01.

#### **5.9.16. Flanges para buchas de cavidade**

**5.9.16.1.** Os transformadores devem ser providos de flanges para fixação de buchas de cavidade primárias de acordo com o desenho padronizado MP-77-16.

#### **5.9.17. Terminal para aterramento**

**5.9.17.1.** Os transformadores devem ter próximos da base, um terminal de aterramento no compartimento de média tensão e outro no compartimento de baixa tensão, que devem estar de acordo com o desenho da AES ELETROPAULO MP-77-15.

#### **5.9.18. Conectores Terminais**

**5.9.18.1.** Os transformadores de 300 e 500 kVA devem ser fornecidos com conectores terminais secundários, que possibilitem as conexões dos cabos, conforme desenho da AES ELETROPAULO MP-77-10.

#### **5.9.19. Ferragens**

**5.9.19.1.** As porcas e cabeças de parafusos utilizados na construção dos transformadores devem estar providas de tratamento mecânico adequado, não sendo permitidas peças zincadas na parte interna do transformador.

#### **5.9.20. Comutador de derivações**

**5.9.20.1.** Para mudança de derivação deve ser utilizado um comutador de derivações, com mudança simultânea nas três fases, para operação sem tensão e com acionamento externo localizado no cubículo de média tensão.

**5.9.20.2.** A rigidez dielétrica mínima do material do sistema de comutação deve ser de 10 kV/mm, conforme método de ensaio previsto na NBR 5405.

**5.9.20.3.** O mecanismo de operação deve permitir o tratamento do comutador em qualquer uma das posições, sendo estas perfeitamente identificáveis através do diagrama de ligações da placa.

**5.9.20.4.** O comutador deve ser submetido à aprovação prévia da AES ELETROPAULO e estar de acordo com o desenho MP-77-18.

## **5.9.21. Marcação**

### **5.9.21.1. Marcação interna da parte ativa**

**5.9.21.1.1.** A marcação interna dos terminais da parte ativa deve ser feita de modo a permitir a identificação de maneira permanente da fase a que pertence.

## **5.10.**

### **5.10.1.1. Marcação interna aos compartimentos**

**5.10.1.1.1.** A marcação dos terminais de média e alta tensão (superfície externa do tanque) deve estar de acordo com a disposição e localização do desenho AES ELETROPAULO MP-77-01.

**5.10.1.1.2.** A tensão de despacho deve ser identificada ao lado das buchas e próxima ao comutador A.T., sinalizando a respectiva posição neste.

**5.10.1.1.3.** As marcações devem ser feitas em tinta, com caracteres possuindo altura não inferior a 30 mm e imediatamente acima dos terminais.

### **5.10.1.2. Marcação externa**

**5.10.1.2.1.** No lado externo da porta do compartimento de baixa tensão devem ser pintadas as seguintes características: potência em kVA, número de patrimônio "nº T". Os caracteres para esta marcação devem possuir altura não inferior a 30 mm.

**5.10.1.2.2.** O transformador deve ter adesivos aplicados no tanque indicando que o equipamento elétrico não PCB. Este adesivo deve ser de material resistente a intempéries e óleo mineral ou vegetal isolante e conforme o Anexo B.

## **5.10.2. Dimensões e Pesos**

**5.10.2.1.** As dimensões dos transformadores devem estar de acordo com o indicado no desenho MP-77-01. O fabricante deve indicar o peso dos transformadores na proposta.

### **5.10.3. Válvula globo para drenagem do líquido isolante**

**5.10.3.1.** O transformador deve ser provido de válvula globo para ligação ao filtro-prensa, utilizada para drenagem do líquido isolante, localizada no compartimento de média tensão, e que deve estar de acordo com desenho da AES ELETROPAULO MP-77-14.

### **5.10.4. Bujão para enchimento do líquido isolante (ligação filtro-prensa)**

**5.10.4.1.** O transformador deve ser provido de bujão, para ligação ao filtro-prensa, utilizada para enchimento do líquido isolante, localizado no compartimento de média tensão, conforme desenho da AES ELETROPAULO MP-77-06.

### **5.10.5. Indicador de nível de líquido isolante**

**5.10.5.1.** O transformador deve ser provido de indicador de nível de líquido isolante instalado no compartimento de média tensão, conforme desenho da AES ELETROPAULO MP-77-13.

**5.10.5.2.** O nível do indicador de líquido isolante a 25° C deve estar, no mínimo, 50 mm acima das partes vivas.

**5.10.5.3.** O fabricante deve apresentar as características e os desenhos correspondentes ao indicador de nível de líquido isolante que deve ser submetido à aprovação prévia da AES ELETROPAULO.

### **5.10.6. Termômetro tipo indicador para líquido isolante**

**5.10.6.1.** O transformador deve ser provido de um termômetro graduado de 0 a 120 °C que possua a indicação de temperatura máxima, através de ponteiro de arraste, com recurso externo para retorno, conforme desenho da AES ELETROPAULO MP-77-12.

**5.10.6.2.** O termômetro deve ser instalado no compartimento de baixa tensão e indicar à temperatura próxima a superfície do líquido isolante, estando o seu sensor abaixo do nível de óleo mínimo.

**5.10.6.3.** O fabricante deve apresentar as características e os desenhos correspondentes ao termômetro que deve ser submetido à aprovação prévia da AES ELETROPAULO.

### **5.10.7. Manômetro tipo indicador para gás inerte**

**5.10.7.1.** O transformador deve ser provido de um manômetro tipo mostrador para gás inerte, instalado no compartimento de baixa tensão, que possua a indicação de pressão máxima, através de ponteiro de arraste, com recurso externo para retorno, conforme desenho MP-77-05.

**5.10.7.2.** O fabricante deve apresentar as características e os desenhos correspondentes ao manômetro que deve ser submetido à aprovação prévia da AES ELETROPAULO.

### **5.10.8. Dispositivo de alívio de pressão**

**5.10.8.1.** Os transformadores devem ser providos de um dispositivo de alívio de pressão previsto para operação a pressão positiva de  $0,07 \pm 10\%$  MPa ( $0,70 \pm 10\%$  Kgf/cm<sup>2</sup>).

**5.10.8.2.** O dispositivo de alívio de pressão deve ficar localizado no compartimento de baixa tensão.

**5.10.8.3.** O fabricante deve apresentar as características e os desenhos do dispositivo de alívio de pressão para serem submetidos à aprovação prévia da AES ELETROPAULO.

**5.10.8.4.** O fabricante deve demonstrar a eficiência do dispositivo de alívio de pressão proposto para os transformadores correspondentes.

**5.10.8.5.** O dispositivo deve estar posicionado na horizontal, na parede do tanque do transformador, observada a condição de carga máxima de emergência do transformador de 200% e não pode, em nenhuma hipótese, dar vazão ao óleo expandido, conforme NBR 5440.

#### **5.10.9. Dispositivo para enchimento de gás**

**5.10.9.1.** O dispositivo para enchimento de gás deve satisfazer as condições previstas no desenho MP-77-11 e estar localizado no compartimento de média tensão.

#### **5.10.10. Meios de suspensão da parte ativa e do transformador**

**5.10.10.1.** O transformador deve possuir 4 orelhas para suspensão, permitindo o levantamento, com o líquido isolante em seu nível normal, da unidade completa ou eventualmente sem a tampa principal. As orelhas deverão estar posicionadas de maneira a não ultrapassar a borda do tanque permitindo a remoção da tampa por esmerilhamento sem danificá-la. A parte ativa deve possuir meios para sua suspensão que possibilitam a sua retirada do tanque do transformador em nível.

#### **5.10.11. Placa de identificação**

**5.10.11.1.** Cada transformador deve ser provido de uma placa de identificação de aço inoxidável com espessura mínima de 0,8 mm, fixada ao respectivo suporte através de rebites de alumínio a uma distância mínima de 20 mm da superfície plana de montagem. A placa deve ser colocada em posição visível, internamente à tampa do compartimento de baixa tensão, conforme desenho padronizado MP-77-02, além dos dados característicos do transformador deve ser gravado os valores de perdas e vazios e totais, indelevelmente marcada.

**5.10.11.2.** Além dos dados característicos do transformador devem ser gravados os valores de perdas a vazios e total.

#### **5.10.12. Placa de advertência externa**

**5.10.12.1.** O transformador deve apresentar uma placa de advertência externa, localizada no centro da porta do compartimento de baixa tensão, conforme desenho MP-77-08.

#### **5.10.13. Placa de advertência interna**

**5.10.13.1.** O transformador deve apresentar uma placa de advertência interna, localizada na parede de montagem das buchas de média tensão, o mais próximo possível dos flanges das baionetas, conforme desenho MP-77-07.

**5.10.13.2.** A placa de advertência interna deve conter orientações no sentido de evitar que os fusíveis de expulsão sejam retirados/manipulados em carga. Também deve apresentar as características nominais dos fusíveis de expulsão e limitadores de corrente.

## **6. CONDIÇÕES ESPECÍFICAS**

### **6.1. Potências nominais**

**6.1.1.** As potências nominais padronizadas dos transformadores, para uma elevação de temperatura do enrolamento de 55 °C, são: 75, 150, 300 e 500 kVA.

### **6.2. Tensões nominais**

**6.2.1.** Os transformadores devem ser fornecidos com os seguintes valores padronizados:

**Tabela 2: Tensões dos transformadores**

<b>Relação de Tensão (V)</b>		<b>Tensão de Despacho (V)</b>
<b>Primário</b>	<b>Secundário</b>	
13.800/13.200/12.600	220/127	13.200
13.800/13.200/12.600/3.985/3.785/3.585		3.785
23.100/22.000/21.000/19.900		22.000

### **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, a tensão de despacho deve obedecer a tabela 2.

### **6.4. Níveis de isolamento**

**6.4.1.** Os níveis de isolamento dos transformadores estão indicados na Tabela 3.

**Tabela 3: Níveis de isolamento dos transformadores**

Tensão máxima do equipamento kV (eficaz)	Tensão suportável nominal a frequência industrial durante 1 minuto kV (eficaz)	Tensão suportável nominal de impulso atmosférico pleno/cortado kV (valor de crista)	Espaçamento mínimo no ar (mm)	
			Fase-Terra	Fase-Fase
1,2	10	30	25	25
15,0	34	95	130	140
24,2	50	125	200	230

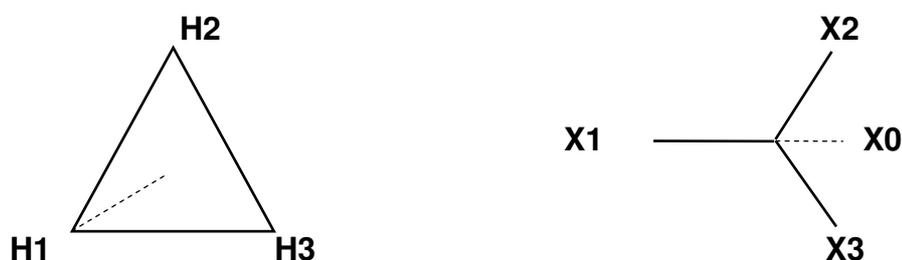
## 6.5. Frequência nominal

6.5.1. A frequência nominal é de 60 Hz.

## 6.6. Deslocamento angular e diagrama vetorial

6.6.1. Os transformadores devem ter os enrolamentos primários ligados em triângulo e secundários em estrela, sendo o deslocamento angular entre eles de  $30^\circ$ , com fases de tensão secundária atrasada em relação às correspondentes de tensão primária, conforme o diagrama a seguir:

6.7.



**Ligação DYn 1 (delta - estrela)**

## 6.8. Perdas, correntes de excitação e impedância de curto-circuito

6.8.1. Os valores médios de perdas e correntes de excitação do lote devem ser garantidos pelo fabricante conforme Tabela 4, referidos à tensão máxima e para transformador com dupla classe de tensão deve ser na máxima das duas (13,8 e 3,985 kV). Os valores das perdas do cobre devem ser igual ou inferior à diferença entre os valores das perdas máximas totais e perdas máximas do ferro, indicadas na Tabela 4.

6.8.2. A impedância de curto-circuito deve corresponder aos valores prescritos na Tabela 4, observadas as tolerâncias especificadas na NBR 5356, referidas à máxima tensão.

**Tabela 4: Valores de perdas, correntes de excitação e impedâncias de curto-circuito.**

Classe de Tensão (kV)	Potência (kVA)	Correntes de excitação (%)	Perdas em vazio Po (W)	Perdas totais Pt (W)	Impedância de curto-circuito à 75°C
15	75	2,7	255	1260	3,5
	150	2,3	420	2110	3,5
	300	1,9	700	3670	4,5
	500	1,6	1300	6400	5,0
24,2	75	3,2	270	1345	4,0
	150	2,6	450	2250	4,0
	300	2,1	735	3845	5,0
	500	1,8	1200	6500	4,8

**Observações:**

- Estão excluídas as perdas inerentes aos dispositivos de proteção.
- Deve ser enviada uma planilha contendo a identificação do transformador (n° serie e n° tombamento) e suas referidas perdas e características.

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

**6.8.3.1.** 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 4.

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

**6.8.3.3.** 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.

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

- Um ponto com 75% da tensão nominal.
- Um ponto com 100% da tensão nominal.
- Um ponto com 110% da tensão nominal.
- Um ponto com 120% da tensão nominal.

**Importante:** Com a tensão em 110% da tensão nominal a corrente de excitação medida não pode ser superior a 20% da corrente de excitação medida na tensão nominal, caso for superior o transformador estará reprovado.

#### 6.8.4. Efeitos de curto-circuito

Os transformadores devem ser projetados e construídos para resistirem aos efeitos mecânicos e térmicos causados por curtos-circuitos externos, sob as condições especificadas na norma NBR 5356.

#### 6.9. Limites de elevação de temperatura

Os limites de elevação de temperaturas devem ser conforme a tabela 5:

**Tabela 5: Limites de elevação de temperatura.**

Temperaturas	Limites de elevação de temperatura (°C)	
	Óleo Mineral	Óleo Vegetal
Média dos enrolamentos	55	65
Ponto mais quente dos enrolamentos	65	80
Óleo isolante (topo do óleo)	50	60
Temperatura de referencia das perdas totais e impedância	75	85

#### 6.10. Nível de ruído

O nível de ruído não deve exceder os valores da Tabela 6.

**Tabela 6: Níveis de ruído**

Potência nominal do transformador (kVA)	Nível médio de ruído dB(A)
75	51
150 e 300	55
500	56

#### 6.11. Nível de tensão de rádio-interferência

O nível de tensão de rádio-interferência não deve ultrapassar a 250  $\mu$ V.

## **7. INSPEÇÃO**

### **7.1. Generalidades**

**7.1.1.** Todos os ensaios de recebimento devem ser realizados nas instalações do fabricante. Se o fabricante não estiver devidamente equipado para a realização de algum ensaio de tipo, os mesmos devem ser realizados em laboratório de reconhecida idoneidade. Todos os ensaios devem ser realizados na presença do inspetor da AES ELETROPAULO.

**7.1.2.** Em qualquer fase da fabricação, o inspetor deve ter acesso durante as horas de serviço, a todas as partes da fábrica onde os transformadores estejam sendo fabricados. Em caso de dúvida o inspetor pode fazer uma nova inspeção e solicitar a reposição de qualquer ensaio, sem ônus a AES ELETROPAULO.

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

**7.1.4.** Ficam a expensas do fabricante todas as despesas decorrentes das amostras, dos equipamentos, dos acessórios, bem como da realização dos ensaios previstos nesta Especificação, independente do local de realização dos mesmos.

**7.1.5.** O fabricante deve comunicar a esta Empresa, com a antecedência prevista no Contrato de Compra, a data em que os transformadores estarão prontos para a inspeção.

**7.1.6.** Se qualquer dos requisitos desta Especificação não for satisfeito, a AES ELETROPAULO notificará o fabricante para introduzir a modificação necessária. O fabricante deve iniciar a produção somente após a aprovação, pela AES ELETROPAULO, da modificação efetuada.

**7.1.7.** No caso de fornecimento através de contratos firmados dentro do Sistema de Garantia da Qualidade, devem ser satisfeitas as exigências desta Especificação, as do Manual da Qualidade do fabricante, bem como as do contrato firmado entre fabricante e AES ELETROPAULO.

### **7.2. Ensaaios**

#### **7.2.1. Ensaaios de tipo**

**7.2.1.1.** Antes de qualquer fornecimento, os transformadores deverão ter seus protótipos aprovados sem ônus para a AES ELETROPAULO, através da realização de todos os ensaios de tipo indicados no item 7.2.1.6, cabendo a esta Empresa o direito de designar um inspetor para acompanhá-los e participar dos mesmos.

**7.2.1.2.** Para o processo de aprovação do protótipo, o fabricante deve solicitar a aprovação da AES ELETROPAULO nas etapas de fabricação do núcleo montado, das bobinas montadas e da parte ativa montada, efetuadas dentro da previsão do cronograma de fabricação. O recebimento dos transformadores ficará condicionado à aprovação das mesmas.

**7.2.1.3.** Qualquer modificação na fabricação dos transformadores, que já tenham o protótipo aprovado, deve ser comunicada oficialmente, com antecedência, à AES ELETROPAULO, cabendo a esta o parecer final quanto à realização de novos ensaios de tipo.

**7.2.1.4.** Os ensaios de aceitação do protótipo podem ser dispensados parcial ou totalmente, a critério da Empresa, se já houver um protótipo aprovado.

**7.2.1.5.** Se os ensaios de tipo forem dispensados, o fabricante deve fornecer um relatório completo dos ensaios indicados no item 7.2.1.6, com todas as informações necessárias, instrumentos e constantes usadas. A eventual dispensa desses ensaios, pela AES ELETROPAULO, somente será válida se fornecida por escrito.

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

- a) Verificação visual do tanque, acessórios e da parte ativa.
- b) Controle dimensional.
- c) Elevação de temperatura.
- d) Nível de tensão de rádio-interferência.
- e) Nível de ruído.
- f) Fator de potência de isolamento e capacitância.
- g) Resistência elétrica dos enrolamentos (medição deve ser feita entre fases e fase e neutro).
- h) Relação de tensões.
- i) Resistência do isolamento.
- j) Deslocamento angular e sequencia de fases.
- k) Perdas (em vazio e em carga).
- l) Corrente de excitação.
- m) Tensão de curto-circuito.
- n) Tensão suportável nominal à frequência industrial.
- o) Tensão induzida de longa duração com medição de descargas parciais.
- p) Tensão induzida.
- q) Tensão suportável nominal de impulso atmosférico.
- r) Estanqueidade e resistência à pressão a quente.
- s) Estanqueidade e resistência à pressão a frio (0,70 e 0,90 kgf/cm<sup>2</sup>).
- t) Pintura (todos os ensaios da E-T.01).
- u) Óleo isolante (todos os ensaios previstos no item 7.3.4, acrescido do ensaio de compatibilidade dos materiais com o óleo isolante, do ensaio de verificação do teor de PCB e cromatografia gasosa).
- v) Determinação da atuação da válvula de alívio de pressão.
- w) Curto-circuito.
- x) Ensaios nos fusíveis.

## 7.2.2. Ensaios de rotina

7.2.2.1. Estes ensaios devem ser executados pelo fabricante em transformadores completamente montados.

7.2.2.2. Os ensaios de rotina são os ensaios descritos nas alíneas g) a p) e s), inclusive, do item 7.2.1.6.

## 7.2.3. Ensaios de recebimento

7.2.3.1. Os ensaios de recebimento devem ser efetuados na presença do inspetor da AES ELETROPAULO.

7.2.3.2. Os ensaios de recebimento são os seguintes:

- a) Verificação visual do tanque e acessórios.
- b) Controle dimensional.
- c) Verificação da parte ativa.
- d) Os ensaios descritos nas alíneas f) a v) inclusive, do item 7.2.1.6.

**Nota:** Para verificação da pintura nos ensaios de recebimento deve ser realizado o ensaio de aderência e de espessura da camada de tinta.

## 7.3. Execução dos ensaios

7.3.1. Os ensaios de recebimento deverão ser iniciados pela inspeção visual do lote apresentado, a fim de ser verificado o acabamento e a conformidade dos transformadores com os desenhos aprovados pela AES ELETROPAULO.

7.3.2. Os ensaios relacionados nos itens 7.2.1, 7.2.2 e 7.2.3 devem ser realizados de acordo com a NBR 5356, com exceção dos seguintes ensaios:

- a) Pintura: medição da espessura e da aderência da tinta de acordo com o item 5.9.10 desta Norma e da NBR 11003;
- b) Óleo isolante: de acordo com o item 5.9.9 desta Norma. A determinação de teor de PCB deve ser realizada de acordo com a norma ASTM D 4059 e a do DBPC conforme a NBR 12134;
- c) O ensaio de descargas parciais deve ser realizado de acordo com as prescrições gerais contidas na norma NBR 5356 (Medição de descargas parciais em transformadores de tensão nominal de 24,2 kV e acima), exceto que:
  - As tensões de ensaio ali mencionadas, desenvolvidas entre terminais de linha (entre fases), são expressas como segue:

$$V_1 = \sqrt{3} \cdot V_P \quad V_2 = 1,5 \cdot V_P$$

Onde  $V_1$  = tensão nominal primária do transformador.

- As medições devem ser em pico Coulombs (pC);
  - O intervalo de tempo, durante o qual o valor de tensão deve ser mantido constante em  $V_2$ , fica reduzido para 30 minutos e as leituras da intensidade de descargas parciais devem ser realizadas a cada 5 minutos.
  - O transformador deve ser considerado aprovado no ensaio se a intensidade das descargas parciais não exceder a 300 pC e não apresentar tendência acentuada de crescimento, durante o intervalo de 30 minutos à tensão  $V_2$ .
- d) Para aprovação do protótipo, os ensaios do item 7.2.1.2 alíneas h), i) e l) (somente sob carga), devem ser realizados em todas as derivações.
- e) O fator de potência e a capacitância de isolamento devem ser medidos antes e após os ensaios dielétricos. As variações do fator de potência e da capacitância acima de 10% devem ser submetidas à avaliação desta Empresa.
- f) O ensaio de corrente de excitação para o protótipo deve ser efetuado com 90, 100 e 110% da tensão nominal.
- g) No ensaio de corrente de excitação à tensão nominal, quando as leituras das tensões de valor eficaz ( $V_{ef}$ ) e de valor médio ( $V_{med}$ ) diferirem mais do que 10% o transformador deve ser recusado.
- h) Os ensaios de perdas em carga e de impedância de curto-circuito não devem ser realizados com valor reduzido de corrente.
- i) Os ensaios de perdas em carga e de impedância de curto-circuito devem ser realizados com e sem os fusíveis de expulsão e limitadores de corrente. No ensaio sem os fusíveis devem ser usados jumpers e/ou condutores apropriados. Os valores indicados na Tabela 4 devem ser tomados como referência para o ensaio sem fusíveis.
- j) O ensaio de estanqueidade a quente deve ser realizado com pressão inicial de 0,20 kgf/cm<sup>2</sup> e, durante o período de oito horas, não deve ultrapassar 0,50 kgf/cm<sup>2</sup>. O ensaio de estanqueidade a frio e resistência à pressão deve ser realizado com pressão de 0,70 kgf/cm<sup>2</sup>, durante 1 hora, e após isso majorado para 0,90 kgf/cm<sup>2</sup>, durante 15 minutos. Todos estes ensaios devem ser iniciados com o nível de óleo a 25°C.
- k) O ensaio de curto-circuito deve ser realizado de acordo com a NBR 5356.
- l) Após o ensaio de curto-circuito devem ser realizados novamente os ensaios do item 7.2.1.6 alíneas h) e m) (somente em carga em todas as derivações).
- m) No recebimento devem ser realizados os ensaios:

### 7.3.3. Pintura

- Aderência e medição da espessura.

### 7.3.4. Óleo isolante

- Densidade;
- Índice de neutralização;
- Tensão interfacial;
- Fator de perdas dielétricas;
- Teor de inibidor;
- Teor de água;
- Teor de PCB: não detectável;
- Rigidez dielétrica;
- Cromatografia gasosa.

O ensaio do óleo isolante deve ser realizado conforme as normas NBR 5440 e NBR15422.

**Nota:** Os ensaios de teores de DBPC, de PCB, de água e cromatografia poderão ser realizados em laboratórios externos de reconhecida idoneidade. Todas as despesas decorrentes destes ensaios devem correr por conta do fabricante.

## 7.4. Amostragem

### 7.4.1. Amostragem para ensaios de tipo

Para aceitação do protótipo, 01 (um) transformador de cada tipo deve ser submetido a todos os ensaios indicados em 7.2.1.6.

### 7.4.2. Amostragem para ensaios de recebimento

Os ensaios de recebimento devem ser feitos em amostras formadas conforme tabela 7, com exceção de:

- a) Ensaios de tensão suportável nominal de impulso atmosférico e de fator de potência de isolamento para os quais a amostra para cada lote sob inspeção, dada na tabela 8;
- b) Ensaios de tensão suportável nominal à frequência industrial e tensão induzida que devem ser efetuadas em todo o lote apresentado;
- c) Ensaios no óleo isolante e verificação da parte ativa devem ser efetuados em uma unidade de amostra de cada lote de transformadores, ficando a critério do inspetor a escolha da unidade da qual ser retirada a amostra.

**Tabela 7: Plano de amostragem**

Tamanho do lote	1ª amostragem			2ª amostragem		
	nº de amos-	Ac <sub>1</sub>	Re <sub>1</sub>	nº de amostras	Ac <sub>2</sub>	Re <sub>2</sub>
Até 4	100%	-	-	-	-	-
5 a 50	5	0	1	-	-	-
51 a 150	13	0	2	12	1	2

**Tabela 8: Plano de amostragem**

Tamanho do lote	1ª amostragem			2ª amostragem		
	nº de amos-	Ac <sub>1</sub>	Re <sub>1</sub>	nº de amos-	Ac <sub>2</sub>	Re <sub>2</sub>
Até 10	1	0	1	-	-	-
11 a 50	2	0	1	-	-	-
51 a 150	3	0	1	-	-	-

**NOTAS:** Essas notas são válidas para as Tabelas 7 e 8

- a) Ac<sub>1</sub>: número máximo de transformadores reprovados, que permite aceitação do lote.
- b) Re<sub>1</sub>: número mínimo de transformadores reprovados, que obriga a rejeição do lote.
- c) Ac<sub>2</sub>: número máximo de transformadores reprovados encontrados nas duas amostras acumuladas, que permite a aceitação do lote.
- d) Re<sub>2</sub>: 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 Ac<sub>1</sub> e menor que Re<sub>1</sub> deve-se formar uma segunda amostra.
- f) Entende-se por transformador reprovado aquele que não satisfizer o resultado de qualquer um dos ensaios.

## 8. ACEITAÇÃO OU REJEIÇÃO

### 8.1. Aceitação nos ensaios de tipo

O protótipo do transformador será aceito se apresentar resultados satisfatórios em todos os ensaios de tipo, mencionados no item 7.2.1.6.

---

## **8.2. Aceitação ou rejeição nos ensaios do 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, satisfizerem aos ensaios de recebimento, conforme o item 7.2.3 desta especificação, 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 8 citada no item anterior, a aceitação ou rejeição deve ser feita individualmente.

**8.2.3.** Se o lote em inspeção não cumprir às exigências da tabela 8 do item 7.4.2, a aceitação ou rejeição dos transformadores deve ser feita individualmente.

**8.2.4.** O transformador será rejeitado quando ocorrer qualquer reprovação nos ensaios de tensão suportável nominal a frequência industrial e tensão induzida, estanqueidade à quente, fator de potência de isolamento e de descargas parciais.

**8.2.5.** O lote em inspeção será aceito ou rejeitado se os resultados dos ensaios no óleo isolante forem ou não satisfatórios de acordo com a amostragem do item 7.4.2.

**8.2.6.** O lote em inspeção será aceito ou rejeitado se satisfazer ou não os resultados obtidos nos ensaios de tensão suportável nominal de impulso atmosférico, descargas parciais e fator de potência de acordo com a tabela 8.

**8.2.7.** Se o lote em inspeção não cumprir as exigências da tabela 7 do item 7.4.2, será dada ao fabricante a oportunidade de reapresentação do mesmo após reparos, para nova inspeção. Entretanto, 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 um novo ensaio de tensão suportável de impulso atmosférico conforme exigências da tabela 8 citada no item 7.4.2. Nesta condição, se houver nova rejeição, o lote deve ser definitivamente rejeitado.

**8.2.8.** A aceitação do lote não invalida qualquer posterior reclamação que esta Empresa possa fazer devido ao transformador defeituoso, nem isenta o fabricante da responsabilidade de fornecer os mesmos de acordo com o pedido de compra e com esta Especificação.

**8.2.9.** Qualquer transformador reprovado que faça parte do lote aceito deve ser excluído do mesmo.

---

**ANEXO A - INFORMAÇÕES TÉCNICAS GARANTIDAS PELO FABRICANTE.****TRANSFORMADOR DE DISTRIBUIÇÃO PEDESTAL**

Pedido de compra N°..... DATA.....

Fabricante.....

**1. TIPO - Transformador de distribuição pedestal:**

1.1. Potência nominal de \_\_\_\_\_ kVA

1.2. Tensão nominal primária de \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_ kV

1.3. Tensão nominal secundária de \_\_\_\_\_ V

**2. CARACTERÍSTICAS DE PROJETO****2.1. Perdas em Vazio e Corrente de Excitação (em % de IN)**

2.1.1 À tensão nominal: \_\_\_\_\_ kW

2.1.2 Corrente de excitação: \_\_\_\_\_ %

2.2 Perdas em Curto-circuito, A 75 °C à plena carga: \_\_\_\_\_ kW

2.3. Impedância de Curto-circuito a 75 °C: \_\_\_\_\_ %

2.4. Deslocamento Angular e Polaridade: \_\_\_\_\_

**2.5. Enrolamento Primário**

2.5.1 Número de Espiras: \_\_\_\_\_

2.5.2 Número de Bobinas: \_\_\_\_\_

2.5.3 Tensão para cada Bobina: \_\_\_\_\_ V

2.5.4 Dimensão do Fio: \_\_\_\_\_ mm

2.5.5 Densidade de Corrente: \_\_\_\_\_ A/mm<sup>2</sup>

2.5.6 Peso Total do Cobre: \_\_\_\_\_ kg

2.5.7 Tipo de Isolamento: \_\_\_\_\_

**2.6. Enrolamento Secundário**

2.6.1 Número de Espiras: \_\_\_\_\_

2.6.2 Dimensão do fio ou Condutor: \_\_\_\_\_ mm

2.6.3 Densidade de Corrente: \_\_\_\_\_ mm<sup>2</sup>

2.6.4 Peso Total do Cobre: \_\_\_\_\_ kg ou Peso Total do Alumínio: \_\_\_\_\_ kg

2.6.5 Tipo de Enrolamento \_\_\_\_\_

**2.7. Impregnação das Bobinas**

2.7.1 Processo Usado: \_\_\_\_\_

2.7.2 Material Isolante Empregado: \_\_\_\_\_

**2.8 Núcleo**

2.8.1 Tipo Construtivo: \_\_\_\_\_

2.8.2 Material Empregado: \_\_\_\_\_

2.8.3 Densidade Magnética das Chapas de Silício: \_\_\_\_\_ Gauss

2.8.4 Processo de Orientação das Linhas de Fluxo: \_\_\_\_\_

2.8.5 Peso do Núcleo: \_\_\_\_\_ kg

## 2.9 Tanque

- 2.9.1 Formato: \_\_\_\_\_
- 2.9.2 Espessura das Chapas: \_\_\_\_\_ mm
- 2.9.3 Fixação da Tampa (Num. de Parafusos): \_\_\_\_\_
- 2.9.4 Abertura de Inspeção só para os transformadores religáveis (Dimensões): \_\_\_ mm X mm \_\_\_\_\_
- 2.9.5 Fixação da Sobre tampa só para os grupos H e M/L (Num. de Parafusos): \_\_\_\_\_
- 2.9.6 Tratamento Anticorrosivo: \_\_\_\_\_
- 2.9.7 Acabamento: \_\_\_\_\_
- 2.9.8 Pintura Interna: \_\_\_\_\_
- 2.9.9 Pintura Externa: \_\_\_\_\_

## 2.10 Radiadores

- 2.10.1 Tipo: \_\_\_\_\_
- 2.10.2 Diâmetros dos tubos, se aplicável: \_\_\_\_\_ mm
- 2.10.3 Espessura da Parede: \_\_\_\_\_ mm
- 2.10.4 Tratamento e Pintura: \_\_\_\_\_

## 2.11 Buchas Primárias e Secundárias

- 2.11.1 Tensão Nominal: \_\_\_\_\_ kV \_\_\_\_\_ V
- 2.11.2 Nível de Impulso: \_\_\_\_\_ kV \_\_\_\_\_ kV
- 2.11.3 Distância Mínima de Escoamento: \_\_\_\_\_ mm \_\_\_\_\_ mm
- 2.11.4 Tipo Construtivo: \_\_\_\_\_
- 2.11.5 Referência de Catálogo: \_\_\_\_\_
- 2.11.6 Fabricante: \_\_\_\_\_

## 2.12. Comutador de Derivações.

- 2.12.1 Fabricante: \_\_\_\_\_
- 2.12.2 Material Empregado: \_\_\_\_\_
- 2.12.3 Método de Segurança: \_\_\_\_\_

## 2.13 Vedação

- 2.13.1 Material Empregado: \_\_\_\_\_
- 2.13.2 Espessura: \_\_\_\_\_ mm

## 2.14. Óleo Isolante

- 2.14.1 Características (Tipo): \_\_\_\_\_
- 2.14.2 Volume do Óleo: \_\_\_\_\_ litros

## 3. PROTEÇÃO

### 3.1. Fusível de expulsão:

- Fabricante: \_\_\_\_\_
- Catálogo: \_\_\_\_\_
- Curva de operação: \_\_\_\_\_
- Desenho: \_\_\_\_\_
- Características nominais: \_\_\_\_\_

## 3.2. Baioneta:

- Fabricante: \_\_\_\_\_
- Catálogo: \_\_\_\_\_
- Desenho: \_\_\_\_\_
- Características nominais: \_\_\_\_\_

## 3.3. Fusível limitador de corrente:

- Fabricante: \_\_\_\_\_
- Catálogo: \_\_\_\_\_
- Curva de operação: \_\_\_\_\_
- Desenho: \_\_\_\_\_
- Características nominais: \_\_\_\_\_

## 4. INFORMAÇÕES PARA EMBARQUE

4.1. Peso Bruto para Embarque (incluindo a embalagem): \_\_\_\_\_ kg

4.2. Peso Líquido do Transformador (incluindo o óleo): \_\_\_\_\_ kg

### **ANEXO B – Identificação do equipamento isento de PCB**

Os equipamentos preenchidos com óleo mineral isolante apresentando teor de PCB inferior a 50 ppm e para óleo isolante vegetal não deve ser detectado PCB, receberão um adesivo em material resistente aos raios UV, dimensões 100 x 100 mm. O local de instalação deve ser na porta do lado do compartimento de Baixa Tensão (BT).

