

*Transformador de potencial  
capacitivo (TPC) para subestação de  
distribuição*

ENERGISA/GTD-NRM/Nº024/2021

# Especificação Técnica Unificada

ETU - 100.2

Versão 0.0 - Abril / 2021



## Apresentação

Esta Especificação Técnica apresenta as diretrizes necessárias para padronização das características técnicas e requisitos mínimos, elétricos e mecânicos, exigidos para fornecimento de transformadores de potencial (TP), capacitivos, monofásicos, de tensão máxima até 145,0 kV, de utilização externos em subestações de distribuição (SED), destinados a serviços de medições operativas, nas empresas do Grupo Energisa S.A.

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

As cópias e/ou impressões parciais ou em sua íntegra deste documento não são controladas.

A presente revisão desta Especificação Técnica é a versão 0.0, datada de Abril de 2021.

**Cataguases - MG, Abril de 2021.**

## GTD - Gerência Técnica de Distribuição

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





## Equipe técnica de elaboração da ETU-100.2

**Acassio Maximiano Mendonca**

Grupo Energisa

**Gilberto Teixeira Carrera**

Grupo Energisa

**Augustin Gonzalo Abreu Lopez**

Grupo Energisa

**Hitalo Sarmiento de Sousa Lemos**

Grupo Energisa

**Danilo Maranhão de Farias Santana**

Grupo Energisa

**Ricardo Campos Rios**

Grupo Energisa

**Eduarly Freitas do Nascimento**

Grupo Energisa

**Ricardo Machado de Moraes**

Grupo Energisa



## Aprovação técnica

**Ademálio de Assis Cordeiro**

Grupo Energisa

**Juliano Ferraz de Paula**

Energisa Sergipe

**Amaury Antônio Damiance**

Energisa Mato Grosso

**Marcelo Cordeiro Ferraz**

Dir. Suprimentos Logística

**Fabio Lancelotti**

Energisa Minas Gerais / Energisa Nova Friburgo

**Paulo Roberto dos Santos**

Energisa Mato Grosso do Sul

**Fabício Sampaio Medeiros**

Energisa Rondônia

**Ricardo Alexandre Xavier Gomes**

Energisa Acre

**Fernando Lima Costalonga**

Energisa Tocantins

**Rodrigo Brandão Fraiha**

Energisa Sul-Sudeste

**Jairo Kennedy Soares Perez**

Energisa Borborema / Energisa Paraíba

# Sumário

1	OBJETIVO.....	9
2	CAMPO DE APLICAÇÃO.....	9
3	OBRIGAÇÕES E COMPETÊNCIAS.....	9
4	REFERÊNCIAS NORMATIVAS .....	9
4.1	LEGISLAÇÃO E REGULAMENTAÇÃO FEDERAL .....	10
4.2	NORMAS TÉCNICAS BRASILEIRAS .....	11
4.3	NORMAS TÉCNICAS INTERNACIONAIS .....	14
5	TERMINOLOGIA E DEFINIÇÕES .....	16
5.1	TRANSFORMADOR DE POTENCIAL CAPACITIVO .....	16
5.2	TRANSFORMADOR DE POTENCIAL PARA MEDIÇÃO .....	16
5.3	TRANSFORMADORES DE POTENCIAL PARA PROTEÇÃO .....	16
5.4	CARGA.....	16
5.5	CARGA NOMINAL .....	16
5.6	CARGA SIMULTÂNEA .....	17
5.7	CLASSE DE EXATIDÃO .....	17
5.8	POTÊNCIA NOMINAL .....	17
5.9	POTÊNCIA TÉRMICA NOMINAL .....	17
5.10	ENSAIOS DE RECEBIMENTO .....	17
5.11	ENSAIOS DE TIPO .....	18
5.12	ENSAIOS ESPECIAIS .....	18
6	CONDIÇÕES GERAIS .....	18
6.1	CONDIÇÕES DO SERVIÇO .....	19
6.2	LINGUAGENS E UNIDADES DE MEDIDA .....	19
6.3	ACONDICIONAMENTO .....	20
6.4	MEIO AMBIENTE .....	21
6.5	EXPECTATIVA DE VIDA ÚTIL .....	22
6.6	GARANTIA .....	22
6.7	NUMERAÇÃO DE PATRIMÔNIO.....	23
6.8	INCORPORAÇÃO AO PATRIMÔNIO DA ENERGISA .....	24
6.9	MANUAL DE INSTRUÇÕES DE MONTAGEM, OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO .....	24
7	CARACTERÍSTICAS ELÉTRICAS .....	26
7.1	REQUISITOS GERAIS.....	26
7.2	TENSÃO MÁXIMA DO EQUIPAMENTO ( $U_{MAX}$ ).....	26
7.3	NÍVEL DE ISOLAMENTO.....	26
7.4	FREQUÊNCIA NOMINAL .....	27
7.5	SISTEMAS DE ATERRAMENTO .....	27
7.6	RELAÇÃO NOMINAL E TENSÃO SECUNDÁRIA.....	27
7.7	DESCARGAS PARCIAIS .....	27

7.8	CARGAS E CLASSES DE EXATIDÃO .....	27
7.9	POTÊNCIA TÉRMICA ( $P_{TERM}$ ) .....	27
7.10	ELEVAÇÃO DE TEMPERATURA.....	27
7.11	POLARIDADE .....	28
7.12	REQUISITOS DE ISOLAMENTO PARA ENROLAMENTOS SECUNDÁRIOS .....	28
7.13	CAPACIDADE DE SUPORTAR CURTO-CIRCUITO .....	28
7.14	GRUPO DE LIGAÇÕES .....	28
7.15	SOBRETENSÃO SUSTENTADA .....	29
7.16	IMPULSO ATMOSFÉRICO CORTADO .....	29
7.17	TENSÃO DE RÁDIO INTERFERÊNCIA (TRI) .....	29
7.18	SATURAÇÃO .....	29
7.19	FERRORESSONÂNCIA .....	29
7.20	RESPOSTA EM REGIME TRANSITÓRIO .....	30
7.21	OPERAÇÃO COM GRUPO DE ACOPLAMENTO PARA SISTEMAS DE ONDAS PORTADORAS .....	30
8	CARACTERÍSTICAS CONSTRUTIVAS .....	31
8.1	GENERALIDADES .....	31
8.2	MEIO ISOLANTE.....	31
8.2.1	Óleo isolante .....	31
8.2.2	Bucha de porcelana (involucro) .....	32
8.3	CONEXÕES SECUNDÁRIAS E CAIXA DE TERMINAIS.....	32
8.4	CÂMARA DE EXPANSÃO DE ÓLEO E VEDAÇÕES .....	33
8.5	PARTE ATIVA.....	34
8.6	TERMINAIS DE LINHA E CONECTORES DE ATERRAMENTO.....	34
8.6.1	Terminais de linha.....	34
8.6.2	Conectores de aterramento.....	35
8.7	PLACA DE IDENTIFICAÇÃO .....	35
8.8	PLACAS DE ADVERTÊNCIA .....	37
8.9	GALVANIZAÇÃO .....	37
8.10	ESTANQUEIDADE .....	37
8.11	OPERAÇÃO COM ACESSÓRIOS CARRIER .....	37
8.12	ACESSÓRIOS.....	39
9	PINTURA E MARCAÇÕES .....	39
9.1	CONDIÇÕES GERAIS .....	39
9.2	ACABAMENTO INTERNO .....	40
9.2.1	Indicação do nível de óleo isolante .....	41
9.3	ACABAMENTO EXTERNO.....	41
9.4	MARCAÇÃO DOS ENROLAMENTOS E TERMINAIS.....	41
10	INSPEÇÃO E ENSAIOS.....	42
10.1	GENERALIDADES .....	42
10.2	RELAÇÃO DE ENSAIOS.....	46
10.2.1	Ensaio de tipo (T) .....	46
10.2.2	Ensaio de recebimento (RE) .....	47

10.2.3	Ensaio especiais (E).....	48
10.3	DESCRIÇÃO DOS ENSAIOS.....	48
10.3.1	Inspeção visual .....	48
10.3.2	Verificação dimensional.....	49
10.3.3	Elevação de temperatura .....	49
10.3.4	Curto-circuito.....	49
10.3.5	Ensaio de impulso atmosférico.....	50
10.3.6	Ensaio de impulso de manobra sob chuva .....	50
10.3.7	Ensaio de tensão suportável à frequência industrial sob chuva.....	51
10.3.8	Tensão de rádio interferência.....	51
10.3.9	Resistência ôhmica dos enrolamentos .....	51
10.3.10	Corrente de excitação e perdas em vazio .....	52
10.3.11	Impedância de curto-circuito .....	52
10.3.12	Estanqueidade .....	52
10.3.13	Exatidão .....	52
10.3.14	Tensão suportável à frequência industrial em enrolamentos primários.....	52
10.3.15	Medição de descargas parciais .....	53
10.3.16	Tensão suportável à frequência industrial em enrolamentos secundários e entre seções.....	53
10.3.17	Medição de capacitância e fator de perdas dielétricas .....	53
10.3.18	Ensaio físico-químico do óleo (inclusive PCB) .....	54
10.3.19	Zincagem .....	54
10.3.20	Estanhagem dos terminais .....	54
10.3.21	Ensaio mecânicos .....	54
10.3.22	Medição de sobretensões transmitidas .....	55
10.3.23	Sobretensão sustentada.....	55
10.4	RELATÓRIOS DOS ENSAIOS .....	55
11	PLANOS DE AMOSTRAGEM.....	56
11.1	ENSAIOS DE TIPO .....	56
11.2	ENSAIOS DE RECEBIMENTO .....	56
11.3	ENSAIOS ESPECIAIS .....	57
12	ACEITAÇÃO E REJEIÇÃO .....	57
12.1	ENSAIOS DE TIPO .....	57
12.2	ENSAIOS DE RECEBIMENTO .....	57
13	NOTAS COMPLEMENTARES .....	58
14	HISTÓRICO DE VERSÕES DESTE DOCUMENTO .....	58
15	VIGÊNCIA .....	58
16	TABELAS.....	59
	TABELA 1 - Características elétricas dos transformadores de potencial.....	59
	TABELA 2 - Níveis de isolamento de TPCs .....	60
	TABELA 3 - Relações nominais e tensões secundárias .....	60




TABELA 4 - Características do óleo isolante após contato com equipamento - Óleo mineral .....	61
TABELA 5 - Planos de amostragem para ensaios de recebimento .....	62
TABELA 6 - Relação de ensaios.....	63
17 ANEXO .....	64
ANEXO 1 - Quadro de dados técnicos e características garantidas .....	64



## 1 OBJETIVO

Esta Especificação Técnica estabelece os requisitos técnicos mínimos exigíveis, mecânicos e elétricos, para fabricação, ensaios e recebimento de Transformadores de Potencial Capacitivo (TPCs), para uso externo, monofásicos, das classes de tensão até 145,0 kV, a serem usados no sistema de distribuição de energia da Energisa.

## 2 CAMPO DE APLICAÇÃO

Aplicam-se às estruturas para subestações de distribuição (SED), em áreas urbanas e rurais, destinados a medição operativa, previstas nas normas técnicas em vigência nas Empresas do Grupo Energisa.

Esta Especificação Técnica não contempla:

- Transformadores de potencial para medições;
- Transformadores de potencial indutivos.


## 3 OBRIGAÇÕES E COMPETÊNCIAS

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

## 4 REFERÊNCIAS NORMATIVAS

Esta Especificação Técnica foi baseada no seguinte documento:


- ABNT NBR 6855, Transformador de potencial indutivo - Requisitos e ensaios
- ABNT NBR IEC 61869-1, Transformadores para instrumento - Parte 1: Requisitos gerais
- ABNT NBR IEC 61869-5, Transformadores para instrumento - Parte 5: Requisitos adicionais para transformadores de potencial capacitivos



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

#### 4.1 Legislação e regulamentação federal


- Constituição da República Federativa do Brasil - Título VIII: Da Ordem Social - Capítulo VI: Do Meio Ambiente
- Lei Federal N.º 7.347, de 24/07/1985, Disciplina a ação civil pública de responsabilidade por danos causados ao meio ambiente, ao consumidor, a bens e direitos de valor artístico, estético, histórico, turístico e paisagístico e dá outras providências
- Lei Federal N.º 10.295, de 17/10/2001, Dispõe sobre a Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia e dá outras providências
- Lei Federal N.º 9.605, de 12/02/1998, Dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, e dá outras providências
- Decreto Federal N.º 41.019, de 26/02/1957, Regulamenta os serviços de energia elétrica
- Decreto Federal N.º 73.080, de 05/11/73, Altera o artigo 47, do Decreto número 41.019, de 26 de fevereiro de 1957, que regulamenta os serviços de energia elétrica
- Decreto Federal N.º 6.514, de 22/07/2008, Dispõe sobre as infrações e sanções administrativas ao meio ambiente, estabelece o processo administrativo federal para apuração destas infrações, e dá outras providências
- Portaria Interministerial N.º 3 de 31/07/2018 do Ministério de Minas e Energia
- Portaria Interministerial N.º 104 de 22/03/2013 do Ministério de Minas e Energia

- 
- Portaria INMETRO N.º 378 de 28/09/2010, Estabelece regras equânimes e de conhecimento público para os segmentos de fabricação, importação e comercialização de transformadores de distribuição em líquido isolante
  - Portaria INMETRO N.º 510, de 07/11/2016, Estabelece ajustes no Programa de Avaliação da Conformidade de transformadores de distribuição em líquido isolante, de fabricação nacional ou importado
  - Resolução CONAMA N.º 1, de 23/01/1986, Dispõe sobre o estudo e o relatório de impacto ambiental - EIA e RIMA
  - Resolução CONAMA N.º 23, de 12/12/1996, Controle de movimentos transfronteiriços de resíduos perigosos e seu depósito
  - Resolução CONAMA N.º 237, de 19/12/1997, Dispõe sobre os procedimentos e critérios utilizados no licenciamento ambiental
  - Resolução CONAMA N.º 362 de 23/06/2005, Óleos lubrificantes e resíduos
  - Resolução ANP N.º 36/2008 de 05/12/2008, Estabelece as especificações dos óleos minerais isolantes tipo A e tipo B, de origem nacional ou importado

## 4.2 Normas técnicas brasileiras

- ABNT NBR 5034, Buchas para tensões alternadas superiores a 1 kV
- ABNT NBR 5286, Corpos cerâmicos de grandes dimensões destinados a instalações elétricas - Requisitos
- ABNT NBR 5456, Eletricidade geral - Terminologia
- ABNT NBR 5458, Transformador de potência - Terminologia
- ABNT NBR 5460, Sistemas elétricos de potência
- ABNT NBR 5779, Óleos minerais isolantes - Determinação qualitativa de cloretos e sulfatos inorgânicos

- ABNT NBR 6234, Óleo mineral isolante - Determinação da tensão interfacial de óleo-água pelo método do anel - Método de ensaio
- ABNT NBR 6323, Galvanização por imersão a quente de produtos de aço e ferro fundido - Especificação
- ABNT NBR 6869, Líquidos isolantes elétricos - Determinação da rigidez dielétrica (eletrodos de disco)
- ABNT NBR 6939, Coordenação do isolamento - Procedimento
- ABNT NBR 7148, Petróleo e derivados de petróleo - Determinação da massa específica, densidade relativa e “API” - Método do densímetro
- ABNT NBR 7398, Produto de aço ou ferro fundido revestido de zinco por imersão a quente - Verificação da aderência do revestimento
- ABNT NBR 7399, Produto de aço ou ferro fundido revestido de zinco por imersão a quente - Verificação da espessura do revestimento por processo não-destrutivo
- ABNT NBR 7400, Produto de aço ou ferro fundido - Revestimento de zinco por imersão a quente - Verificação da uniformidade do revestimento
- ABNT NBR 8840, Diretrizes para amostragem de líquidos isolantes
- ABNT NBR 10020, Transformadores de potencial de tensão máxima de 15 kV, 24,2 kV e 36,2 kV - Características elétricas e construtivas
- ABNT NBR 10296, Material isolante elétrico - Avaliação da resistência ao trilhamento e erosão sob condições ambientais severas
- ABNT NBR 10505, Líquidos isolantes elétricos - Determinação de enxofre corrosivo
- ABNT NBR 10576, Óleo mineral isolante de equipamentos elétricos - Diretrizes para supervisão e manutenção

- 
- ABNT NBR 10710, Líquido isolante elétrico - Determinação do teor de água
  - ABNT NBR 11341, Derivados de petróleo - Determinação dos pontos de fulgor e de combustão em vaso aberto Cleveland
  - ABNT NBR 11349, Produto de petróleo - Determinação do ponto de fluidez
  - ABNT NBR 12133, Líquidos isolantes elétricos - Determinação do fator de perdas dielétricas e da permissividade relativa (constante dielétrica) - Método de ensaio
  - ABNT NBR 13882, Líquidos isolantes elétricos - Determinação do teor de bifenilas policloradas (PCB)
  - ABNT NBR 14248, Produtos de petróleo - Determinação do número de acidez e de basicidade - Método do indicador
  - ABNT NBR 14274, Óleo mineral isolante - Determinação da compatibilidade de materiais empregados em equipamentos elétricos
  - ABNT NBR IEC 60060-1, Técnicas de ensaios elétricos de alta tensão - Parte 1: Definições gerais e requisitos de ensaio
  - ABNT NBR IEC 60060-2, Técnicas de ensaios elétricos de alta-tensão - Parte 2: Sistemas de medição
  - ABNT NBR IEC 60085, Isolação elétrica - Avaliação e designação térmicas
  - ABNT NBR IEC 60156, Líquidos isolantes - Determinação da rigidez dielétrica à frequência industrial - Método de ensaio
  - ABNT NBR IEC 60270, Técnicas de ensaios elétricos de alta-tensão - Medição de descargas parciais
  - ABNT NBR IEC 60529, Graus de proteção providos por invólucros (Códigos IP)

### 4.3 Normas técnicas internacionais

- ASTM A153 / A153M, Specification for zinc coating (hot-dip) on iron and steel hardware
- ASTM A239, Standard practice for locating the thinnest spot in a zinc (galvanized) coating on iron or steel articles
- ASTM B545, Standard specification for electrodeposited coatings of tin
- ASTM D877 / D877M, Standard test method for dielectric breakdown voltage of insulating liquids using disk electrodes
- ASTM D924, Standard test method for dissipation factor (or power factor) and relative permittivity (dielectric constant) of electrical insulating liquids
- ASTM D971, Standard test method for interfacial tension of insulating liquids against water by the ring method
- ASTM D974, Standard test method for acid and base number by color-indicator titration
- ASTM D1533, Standard test method for water in insulating liquids by coulometric karl fischer titration
- IEC 60028, International standard of resistance for copper
- IEC 60044-2, Instrument transformers - Part 2 - Inductive voltage transformers
- IEC 60060, High voltage test techniques
- IEC 60060-1, High voltage test techniques - General definitions and test requirements
- IEC 60060-2, High voltage test techniques - Measuring systems. IEC 60186 Voltage transformers

- IEC 60121, Recommendation for commercial annealed aluminium electrical conductor wire
- IEC 60455 (all parts), Resin based reactive compounds used for electrical insulation
- IEC CISPR TR 18-2, Radio interference characteristics of overhead power lines and high-voltage equipment - Part 2: Methods of measurement and procedure for determining limits

#### NOTAS:

- I. Todas as normas ABNT mencionadas acima devem estar à disposição do inspetor da Energisa no local da inspeção.
- II. Todos os materiais que não são especificamente mencionados nesta Especificação Técnica, mas que são usuais ou necessários para a operação eficiente do equipamento, considerar-se-ão como aqui incluídos e devem ser fornecidos pelo fabricante sem ônus adicional.
- III. A utilização de normas de quaisquer outras organizações credenciadas será permitida, desde que elas assegurem uma qualidade igual, ou melhor, que as anteriormente mencionadas e não contradigam a presente Especificação Técnica.
- IV. As siglas acima referem-se a:
  - ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas
  - NBR - Norma Brasileira
  - NM - Norma Mercosul
  - ASTM - American Society for Testing and Materials
  - CISPR - Comité International Spécial des Perturbations Radioélectriques

- IEC - International Electrotechnical Commission

## 5 TERMINOLOGIA E DEFINIÇÕES

A terminologia adotada nesta Especificação Técnica corresponde a das normas ABNT NBR 6855 e ABNT NBR 5458, complementadas pelos seguintes termos:

### 5.1 Transformador de potencial capacitivo

Transformador de potencial compreendendo basicamente um divisor capacitivo e um transformador de potencial indutivo projetados e interligados de tal forma que a tensão secundária da unidade eletromagnética é substancialmente proporcional e em fase com a tensão primária aplicada à unidade divisora capacitiva.

### 5.2 Transformador de potencial para medição

Transformador de potencial destinado a alimentar instrumentos de indicação, medidores e aparelhos similares.

### 5.3 Transformadores de potencial para proteção

Transformador de potencial destinado a alimentar relés de proteção.

### 5.4 Carga

Impedância do circuito secundário externo de um transformador para instrumentos, usualmente expressa como a potência aparente em Volt-ampères absorvida, com fator de potência especificado e à tensão secundária nominal.

### 5.5 Carga nominal

Carga na qual se baseiam os requisitos de exatidão de um transformador.



## 5.6 Carga simultânea

Máxima combinação de cargas padronizadas que um transformador de potencial com dois ou mais enrolamentos secundários pode alimentar simultaneamente, mantendo a exatidão especificada para cada secundário.

## 5.7 Classe de exatidão

Designação dada a um transformador quando os erros dele permanecem dentro dos limites especificados sob condições prescritas de uso.

## 5.8 Potência nominal

Valor da potência aparente (volt-ampères, com fator de potência especificado) que o transformador deve suprir, através do circuito secundário, à tensão secundária nominal e com carga nominal conectada a ele, mantendo a exatidão especificada.

## 5.9 Potência térmica nominal

Maior potência aparente que um transformador de potencial pode fornecer, sem compromisso com os limites de erro, em regime contínuo, sob tensão e frequência nominais, sem exceder os limites de temperatura especificados. É obtida mediante o produto do fator de sobretensão contínuo ao quadrado pela maior carga especificada ou carga simultânea. Para o caso de carga simultânea com dois ou mais secundários, a potência térmica nominal é distribuída aos diversos secundários proporcionalmente à maior carga nominal de cada um deles.

## 5.10 Ensaios de recebimento

O objetivo dos ensaios de recebimento é verificar as características de uma amostra que podem variar com o processo de fabricação e com a qualidade do material componente. Estes ensaios devem ser executados sobre uma amostragem de materiais escolhidos aleatoriamente de um lote que foi submetido aos ensaios de rotina.

### 5.11 Ensaio de tipo

O objetivo dos ensaios de tipo é verificar as principais características da amostra que dependem de seu projeto. Os ensaios de tipo devem ser executados somente uma vez para cada projeto e repetidos quando o material, o projeto ou o processo de fabricação do esferas de sinalização for alterado ou quando solicitado pelo comprador.

### 5.12 Ensaio especiais

O objetivo dos ensaios especiais é avaliar materiais com suspeita de defeitos, devendo ser executados quando da abertura de não-conformidade, sendo executados em 5 (cinco) unidades, recolhidas em cada unidade de negócio.

## 6 CONDIÇÕES GERAIS

Os transformadores de potencial devem:

- a) Ser fornecidos completos, com todos os acessórios necessários ao seu perfeito funcionamento;
- b) Ter todas as peças correspondentes intercambiáveis, quando de mesmas características nominais e fornecidas pelo mesmo fabricante.
- c) No projeto, as matérias primas empregadas na fabricação e acabamento devem incorporar tanto quanto possível as mais recentes técnicas e melhoramentos;
- d) Devem ser projetados, de modo que, as manutenções possam ser efetuadas pelo Grupo Energisa ou em oficinas por ele qualificadas, sem o emprego de máquinas ou ferramentas especiais.

**NOTA:**

- V. Havendo necessidade de ferramentas e/ou dispositivos especiais para instalação, ensaios e manutenção, as mesmas deverão ser fornecidas pelo fornecedor.


## 6.1 Condições do serviço

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

- a) Altitude não superior a 1.000 metros acima do nível do mar;
- b) Temperatura:
  - Máxima do ar ambiente: 40 °C
  - Média, em um período de 24 horas: 30 °C;
  - Mínima do ar ambiente: -5 °C;
- c) Pressão máxima do vento: 1.080 Pa (108 daN/m<sup>2</sup>), valor correspondente a uma velocidade do vento de 151,2 km/h;
- d) Umidade relativa do ar até 100%;
- e) Nível de radiação solar: 1,1 kW/m<sup>2</sup>, com alta incidência de raios ultravioleta;
- f) Precipitação pluviométrica: média anual de 1.500 a 3.000 milímetros;
- g) Ambiente marítimo, constantemente exposto a névoa salina.

## 6.2 Linguagens e unidades de medida

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



Todas as instruções, relatórios de ensaios técnicos, desenhos, legendas, manuais técnicos etc., a serem enviados pelo fabricante, bem como as placas de identificação, devem ser escritos em português.

**NOTA:**

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

### 6.3 Acondicionamento

Os transformadores de potencial deveram ser acondicionados de forma individual, em embalagem apropriada, não retornáveis, obedecendo às seguintes condições:

- a) Apropriadas para armazenamento ao tempo e operações de carga e descarga e ao manuseio;
- b) Serem adequadamente embalados de modo a garantir o transporte (ferroviário, rodoviário, hidroviário, marítimo ou aéreo) seguro até o local do armazenamento ou instalação em qualquer condição que possa ser encontrada (intempéries, umidade, choques etc.) e ao manuseio;
- c) O material em contato com o equipamento não deverá:
  - Reter umidade;
  - Aderir a ele;
  - Causar contaminação;
  - Provocar corrosão quando armazenado.

Cada volume deve ser identificado, de forma legível e indelével, e contendo as seguintes informações:

- a) Nome ou logotipo da Energisa;
- b) Nome ou marca comercial do fabricante;

- c) País de origem;
- d) Mês e ano de fabricação (MM/AAAA);
- e) Identificação completa do TPC (categoria, código internacional se aplicável, diâmetro interno e externo, tipo e/ou modelo, classe de tensão etc.);
- f) Massa líquida, em quilogramas (kg);
- g) Massa bruta, em quilogramas (kg);
- h) ABNT NBR 6855;
- i) Número e quaisquer outras informações especificadas no Ordem de Compra de Material (OCM).

#### NOTAS:

- VII. O fornecedor brasileiro deverá numerar os diversos volumes e anexar à nota fiscal uma relação descritiva (romaneio) do conteúdo de cada volume.
- VIII. O fornecedor estrangeiro deverá encaminhar simultaneamente à Energisa e ao despachante indicado, cópias da relação descritiva (romaneio) do conteúdo de cada volume.

## 6.4 Meio ambiente

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

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

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

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

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

## 6.5 Expectativa de vida útil


Os transformadores de potencial devem ter uma expectativa de vida útil, mínima, de 30 (trinta) anos a partir da data de fabricação, contra qualquer falha das unidades do lote fornecidas, baseada nos seguintes termos e condições:

- Não se admitem falhas, no decorrer dos primeiros 25 (vinte e cinco) anos de vida útil, provenientes de processo fabril;
- A partir do 25º ano, admite-se 0,1% de falhas para cada período de 1 (um) anos, acumulando-se, no máximo, 0,5% de falhas no fim do período de vida útil.

## 6.6 Garantia

O período de garantia dos equipamentos, obedecido ainda o disposto no Ordem de Compra de Material (OCM), será de 18 (dezoito) meses a partir da data de entrada em operação ou 24 (vinte e quatro) meses, a partir da entrega, prevalecendo o prazo referente ao que ocorrer primeiro, contra qualquer defeito de fabricação, material e acondicionamento.

Caso os equipamentos apresentem qualquer tipo de defeito ou deixem de atender aos requisitos exigidos pelas normas da Energisa, um novo período de garantia de doze meses de operação satisfatória, a partir da solução do defeito, deve entrar em vigor para o lote em questão. Dentro do referido período as despesas com mão-de-



obra decorrentes da retirada e instalação de equipamentos comprovadamente com defeito de fabricação, bem como o transporte destes entre o almoxarifado da concessionária e o fornecedor, incidirão sobre o último.

O período de garantia deverá ser prorrogado por mais doze meses em quaisquer das seguintes hipóteses:

- Em caso de defeito em equipamento e/ou componente que comprometa o funcionamento de outras partes ou do conjunto; sendo a prorrogação válida para todo equipamento, a partir da nova data de entrada em operação;
- Se o defeito for restrito a algum componente ou acessório o (s) qual (is) não comprometam substancialmente o funcionamento das outras partes ou do conjunto, deverá ser estendido somente o período de garantia da (s) peça (s) afetadas, a partir da solução do problema, prosseguindo normalmente a garantia para o restante do equipamento.

## 6.7 Numeração de patrimônio

Os equipamentos devem conter a numeração de patrimônio, sequencial patrimônio, fornecida pela Energisa.

A numeração deverá ser de forma legível e indelével, cor preta, notação Munsell N1, e resistir às condições de ambiente agressivo, durante a vida útil do equipamento.

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

- a) Número de série de fabricação;
- b) Número de patrimônio correspondente;
- c) Tensão primaria nominal, em quilovolt (kV);
- d) Potência térmica nominal, em Volt-ampere (VA).

## 6.8 Incorporação ao patrimônio da Energisa

Somente serão aceitos transformadores de potencial, em obras particulares, para incorporação ao patrimônio da Energisa que atendam as seguintes condições:

- a) Provenientes de fabricantes cadastrados/homologados pela Energisa;
- b) Deverão ser novos, com período máximo de 12 (doze) meses da data de fabricação, não se admitindo, em hipótese nenhuma, transformadores usados e/ou recuperadas;
- c) Deverá acompanhar a (s) nota (s) fiscal (is) de origem do fabricante, bem como, os relatórios de ensaios em fábrica, comprovando sua aprovação nos ensaios de rotina e/ou recebimento, previstos nesta Especificação Técnica.

### NOTA:

- IX. A critério da Energisa, os transformadores de potencial poderão ser ensaiados em laboratório próprio ou em laboratório credenciado, para comprovação dos resultados dos ensaios de acordo com os valores exigidos nesta Especificação Técnica.

## 6.9 Manual de instruções de montagem, operação e manutenção

O manual de instruções de montagem, operação e manutenção deve ser constituído dos seguintes capítulos:

- Capítulo I - Dados e características do equipamento
- Capítulo II - Descrição funcional
- Capítulo III - Instruções para recebimento, manuseio e armazenagem
- Capítulo IV - Instruções para instalação
- Capítulo V - Instruções para operação e manutenção



- Capítulo VI - Lista completa de todos os componentes, ferramentas especiais e peças de reposição
- Capítulo VII - Catálogos de todos os componentes
- Capítulo VIII - Certificados dos ensaios de tipo e de rotina
- Capítulo IX - Desenhos e documentos de fabricação, certificados.

#### NOTAS:

- X. A relação de documentos técnicos para aprovação apresentada, deverá ser atendida para cada tipo de transformador de potencial indutivo.
- XI. Os capítulos I e VII, devem ser enviados para aprovação juntamente com os documentos a serem analisados quando da apresentação da proposta, demais capítulos devem ser apresentados depois do contrato adjudicado e da realização dos ensaios de recebimento e tipo.
- XII. Após atendimento de todos os comentários decorrentes da análise da documentação, o manual deverá ser montado com capa dura plastificada e divisória com orelhas.
- XIII. O manual completo, incluindo relatórios finais de recebimento em fábrica, aprovado, em três vias, incluindo os Capítulos I a IX, do item 6.7, deve ser entregue até trinta dias após a realização do último ensaio de recebimento. Além disso, o manual deve ser enviado em mídia de extensão "pdf" e todos os desenhos em formato "dwg" (CAD).
- XIV. O manual completo e desenhos devem também ser enviados em uma mídia digital.

## 7 CARACTERÍSTICAS ELÉTRICAS

### 7.1 Requisitos gerais

Além dos requisitos específicos indicados por classe de tensão nos itens 7.2 a 7.14, os TPCs devem atender ainda às seguintes exigências:

- a) Quando todos os enrolamentos estiverem operando simultaneamente, com carga nominal ou abaixo da nominal, cada um deles deverá manter a sua própria classe de exatidão para carga simultânea;
- b) As classes de exatidão dos TPCs deverão ser mantidas para as seguintes variações de temperatura, frequência, tensão nominal e carga:
  - Tensão: 90 a 110 % da nominal;
  - Carga: 100% da nominal.
- c) A potência térmica deverá ser determinada através do produto do fator de sobretensão contínua ao quadrado, pela carga simultânea, considerando a sua distribuição proporcional a carga de cada enrolamento.

### 7.2 Tensão máxima do equipamento ( $U_{max}$ )

As tensões máximas do equipamento padronizadas, em quilovolts (kV), são:

- 72,5 kV - para as tensões de sistema de 69,0 kV;
- 145,0 kV - para as tensões de sistema de 138,0 kV.

### 7.3 Nível de isolamento

Os níveis de isolamento padronizados para os transformadores de potencial estão estabelecidos na Tabela 2.

## 7.4 Frequência nominal

A frequência nominal é 60 Hz.

## 7.5 Sistemas de aterramento

Os sistemas de aterramento considerados são sistema com neutro aterrado:

- Sistema com neutro solidamente aterrado; ou
- Sistema com neutro aterrado por meio de impedância.

## 7.6 Relação nominal e tensão secundária

As relações nominais e as tensões secundárias padronizadas são as da Tabela 3.

## 7.7 Descargas parciais

As tensões de ensaio e os níveis admissíveis de descargas parciais padronizados são os especificados na ABNT NBR IEC 60270.

## 7.8 Cargas e classes de exatidão

A carga e classe de exatidão padronizada é 0,3p75 para todos os TPCs.

## 7.9 Potência térmica ( $P_{term}$ )

As potências térmicas padronizada estão estabelecidos na Tabela 1.

## 7.10 Elevação de temperatura

A elevação de temperatura à tensão especificada, à frequência e carga nominal, não poderá ultrapassar o prescrito na ABNT NBR 6855.

As classes de temperatura mínima dos materiais isolantes devem ser as seguintes:

- Isolação a óleo: A (105°);

## 7.11 Polaridade

Os transformadores de potencial devem ter polaridade subtrativa.

Terminais de mesma polaridade devem ser devidamente identificados de forma legível e indelével, em alto ou baixo relevo, e pintada em cor contrastante com o acabamento do TPC.

### NOTA:

XV. Outras formas de identificação poderão ser aceitas, mediante aprovação previa da Energisa.

## 7.12 Requisitos de isolamento para enrolamentos secundários

A tensão suportável nominal à frequência industrial para isolamento do enrolamento secundário deve ser 3,0 kV, eficaz, conforme ABNT NBR 6855.

## 7.13 Capacidade de suportar curto-circuito


Os transformadores de potencial devem suportar esforços mecânicos e térmicos causados por curtos-circuitos externos com duração de 1,0 segundo, conforme ABNT NBR 6855.

## 7.14 Grupo de ligações

Os transformadores de potencial podem ser classificados dentre os seguintes grupos de ligação:

- a) Grupo de ligação 2: projetados para ligação entre fase e terra de sistemas eficazmente aterrados;
- b) Grupo de ligação 3: projetados para ligação entre fase e terra de sistemas onde não se garante a eficácia do aterramento.

A indicação do grupo de ligação deve ser feita no processo de aquisição.



Os transformadores de potencial dos grupos de ligações 2 e 3, classes de 72,5 kV a 145 kV, devem ser fornecidos com isolamento reduzida no terminal de neutro, com bucha para tensão suportável à frequência industrial 19 kV.

### 7.15 Sobretensão sustentada

Os TPCs, a partir de 72,5 kV, deve ser capaz de suportar pelo tempo de 1 hora uma sobretensão definida pelo órgão regulador do sistema elétrico.

### 7.16 Impulso atmosférico cortado

O TPC deve ser capaz de suportar uma tensão de impulso atmosférico cortado.

O valor de crista da tensão de impulso atmosférico pleno deve ser 115%.

### 7.17 Tensão de rádio interferência (TRI)

Para os transformadores de potencial de tensão de 145,0 kV, o nível máximo de tensão de rádio interferência não deve exceder a 500  $\mu\text{V}$  referidos a 300  $\Omega$ .

A tensão de ensaio deve ser  $1,1 U_{\text{max}}/\sqrt{3}$ .

### 7.18 Saturação

O transformador de potencial capacitivo deverá ser capaz de sustentar a tensão máxima entre linhas, sem que ocorra a saturação do mesmo.

A ausência de saturação deverá ser determinada pela medida da corrente de magnetização para tensão máxima entre linhas.

Este valor não deverá ser maior que duas vezes a tensão nominal.

### 7.19 Ferroressonância

O transformador de potencial capacitivo deve ser projetado e construído para evitar oscilações por ferroressonância, conforme ABNT NBR IEC 61869-5.

## 7.20 Resposta em regime transitório

Após um curto-circuito entre terminais de AT e terra, a tensão secundária não deve ultrapassar, em um tempo de 16,67 ms, 10% do valor de crista existente antes do curto-circuito.

## 7.21 Operação com grupo de acoplamento para sistemas de ondas portadoras

Os TPCs devem ser providos de meios para possibilitar operação com grupo de acoplamento para sistemas de ondas portadoras. Para possibilitar essa operação, a capacitância total dos mesmos deve estar compreendida entre os limites de 2.000 pF e 10.000 pF.

Além da exigência do valor da capacitância total, os TPCs devem possuir:

- a) Descarregador;
- b) Indutor de drenagem com curva de resposta mais plana possível para faixa de 30 kHz a 300 kHz. O indutor de drenagem deve possuir impedância maior do que 10.000  $\Omega$  em 300 kHz e os seguintes valores típicos:
  - menor que 20  $\Omega$  em 60 Hz;
  - 1.000  $\Omega$  em 30 kHz;
  - 5.000  $\Omega$  em 200 kHz.
- c) Chave de aterramento, que deve possuir dispositivo que permita a sua operação do nível do solo, por meio de vara de manobra;
- d) Dispositivo para conexão de cabos do sistema de ondas portadoras (carrier) à prova de intempéries, adequados para um cabo singelo de 10,0 mm<sup>2</sup> de diâmetro;
- e) Placas de advertência quanto à operação da chave de aterramento do sistema carrier.

## 8 CARACTERÍSTICAS CONSTRUTIVAS

### 8.1 Generalidades

O projeto, a matéria prima, a mão de obra e a fabricação dos transformadores de potencial, devem incorporar, tanto quanto possível, os melhoramentos que a técnica moderna sugerir, mesmo quando não referidos explicitamente nesta Especificação Técnica.

Devem ser fornecidos com dispositivos e meios adequados para permitir a instalação de bobinas de bloqueio no topo.

Devem ser projetados e construídos, considerando-se que serão ligados entre fase e terra, em sistema com neutro solidamente aterrado.

As partes metálicas devem receber tratamento e acabamento externo que as protejam contra a corrosão, tendo em vista o ambiente onde o transformador vai ser instalado.

### 8.2 Meio isolante

Os transformadores de potencial deverão ter isolamento em óleo mineral isolante (OMI).

#### 8.2.1 Óleo isolante

O óleo mineral isolante (OMI), antes do contato com o equipamento, deve ser conforme uma das alternativas a seguir:

- a) Mineral tipo A (base naftênica);
- b) Mineral tipo B (base parafínica).

**NOTA:**

XVI. Os óleos minerais isolantes (OMI) devem estar de acordo com as resoluções vigentes da ANP (Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis).

O óleo mineral isolante (OMI), após contato com o equipamento, deve possuir características conforme Tabela 4.

### 8.2.2 Bucha de porcelana (involucro)

Os transformadores de potencial devem ser fornecidos com buchas de porcelana, na cor marrom, notação Munsell 5,0 YR 3,0/3,0 ou notação RAL 8016, características de acordo com a ABNT NBR 5286, confeccionadas em conformidade com o disposto na ABNT NBR 5034.

As buchas de porcelana devem ser resistentes aos esforços dinâmicos devido a curtos-circuitos, elevação de temperatura e cargas mecânicas e capazes de suportar os ensaios dielétricos a que são submetidos os transformadores, segundo os valores especificados na Tabela 1.

## 8.3 Conexões secundárias e caixa de terminais

As conexões secundárias e as caixas terminais devem atender aos seguintes critérios:

- a) Os condutores dos enrolamentos secundários deverão ser conectados ao bloco terminal através de buchas de baixa tensão estanques ao óleo, abrigadas numa caixa de terminais, grau de proteção IP54 ou superior, conforme ABNT NBR IEC 60529;
- b) Todos os terminais do borner deverão ter isolamento para, no mínimo, 600 V e ser providos de separadores isolantes;
- c) Os terminais do borner devem ser adequados para conexão de cabos com seções entre 2,5 e 10 mm<sup>2</sup>;
- d) Os conectores devem ser projetados de forma que os condutores não se soltem com as vibrações operacionais;



## NOTA:

### XVII. Blocos terminais com parafusos que operem diretamente sobre o condutor não serão aceitos.

- e) Cada terminal deverá ser marcado de acordo com as prescrições da ABNT NBR 6855;
- f) O bloco terminal deverá incluir um terminal de aterramento;
- g) A entrada dos cabos deverá ser vedada por intermédio de buchas de borracha sintética ou tampão de PVC apropriado;
- h) A caixa de terminais deverá ter uma saída na parte inferior que permita o encaixe de um eletroduto com 40 mm de diâmetro.

## 8.4 Câmara de expansão de óleo e vedações


Na parte superior do equipamento deve ser instalada uma câmara de expansão. Quando for utilizada câmara com nitrogênio sob pressão todas as guarnições deverão estar localizadas abaixo do nível mínimo de óleo. Contudo, uma câmara de compensação que trabalhe à pressão atmosférica é preferível, desde que evite o contato entre o líquido isolante e o ar.

As câmaras de expansão devem ter indicação do nível de óleo por intermédio de visores os quais deverão indicar quais medidas são fornecidas para a contenção da elevação perigosa de pressão que poderá vir a se desenvolver devido a uma falta interna.

Em todas as juntas entre o tanque do transformador e as buchas de porcelana deve ser utilizada vedação por meio de gaxeta. Juntas cimentadas não serão aceitas.

A relação das vedações e respectivas especificações técnica e dimensional deverão ser fornecidas juntamente com o manual de operação e manutenção.

As juntas devem sempre estar imersas em óleo.



Todas as juntas de vedação deverão ser feitas com borracha acrílico-nitrilo, resistentes à ação do óleo à temperatura máxima alcançável em regime contínuo de funcionamento, e que não se deteriorem com a ação do clima tropical.

## 8.5 Parte ativa

O núcleo deve ser de aço silício de alta qualidade e sem envelhecimento elétrico, de baixa perda por histerese e alta permeabilidade, devendo ser, preferencialmente, do tipo faixa contínua fechada (exceto para TPC com performance requerida no transitório).

As partes ativas e condutoras deverão ser fixadas de tal modo que não haja deslocamento de nenhuma delas durante o transporte.

## 8.6 Terminais de linha e conectores de aterramento


### 8.6.1 Terminais de linha

Os terminais de linha devem ser, obrigatoriamente, de cobre ou liga de cobre de alta condutividade, estanhados.

Os transformadores de potencial devem ser fornecidos com terminais padrão NEMA 4 (quatro) furos.

Deverá ser fornecido junto com os terminais, os parafusos, porcas, arruela de pressão e arruela lisa, devendo:

- Os parafusos devem ser do tipo cabeças sextavada e ter dimensionamento M12x1,75 com comprimento 50 mm, fabricando em aço inoxidável;
- As arruelas de pressão e lisa ter dimensionamento adequado ao parafuso e fabricado em aço inoxidável;
- As porcas devem ser do tipo sextavada e ter dimensionamento M12 e fabricado em latão ou material similar.



Todos os terminais devem ser estanhados com espessura de camada de estanho mínima de 8  $\mu\text{m}$  individualmente e 12  $\mu\text{m}$  na média das amostras, conforme ABNT NBR 5370.


### 8.6.2 Conectores de aterramento

Cada transformador de potencial deverá ter um terminal para aterramento, na base do equipamento, em cobre ou liga de cobre, estanhado, instalado nas adjacências da caixa de terminais, adequado para conexões de cabos de cobre com seções entre 50 e 120  $\text{mm}^2$ .

### 8.7 Placa de identificação

Cada transformador de potencial deverá ter placa de identificação confeccionada em aço inoxidável, espessura mínima 1,0 mm, na cor natural do material, fixadas com rebites em local de fácil leitura e com os dizeres em português, gravada em baixo relevo e contendo, no mínimo, as seguintes informações:

- a) A expressão: "TRANSFORMADOR DE POTENCIAL CAPACITIVO";
- b) Nome e/ou marca comercial do fabricante;
- c) Número de série;
- d) Designação de tipo ou modelo;
- e) Mês e ano de fabricação (MM/AAAA);
- f) Tensões nominais primárias e secundárias, em Volt (V);
- g) Relação de transformação nominal;
- h) Frequência nominal, em Hertz (Hz);
- i) Carga nominal e classe de exatidão;
- j) Tensão máxima do equipamento (classe de tensão), em quilovolt (kV);

- 
- k) Nível de isolamento nominal, em quilovolt (kV);
  - l) Nível de isolamento nominal do terminal de isolamento reduzido, em quilovolt (kV);
  - m) Fator de sobretensão nominal e tempo nominal correspondentes;
  - n) Classe térmica, se diferente de classe A;
  - o) em transformadores com mais de um enrolamento secundário, a aplicação de cada enrolamento e seus terminais correspondentes;
  - p) Número do manual de instruções;
  - q) A expressão: “USO EXTERNO”;
  - r) Potência térmica nominal, em Volt Ampere (VA);
  - s) Massa total, em quilograma (kg);
  - t) Tipo, massa e volume do óleo isolante;
  - u) Tipo do isolante sólido para TPC a seco;
  - v) Normas aplicáveis;
  - w) Diagrama de conexão, incluindo as designações dos terminais;
  - x) Grupo de ligação;
  - y) País de fabricação;
  - z) Número da Ordem de Compra de Material (OCM).

Os dados de placa deverão ser submetidos à aprovação da Energisa e conterem as informações e dados técnicos reais do equipamento fornecido mesmo que divergentes das especificações.

## 8.8 Placas de advertência

Devem possuir placa de advertência de aço inoxidável com instruções quanto à inclinação máxima admissível e direção desta inclinação no transporte e armazenamento.

Devem conter placa ou gravação, na embalagem, com os mesmos dizeres do parágrafo anterior.

## 8.9 Galvanização

Todas as partes metálicas, flanges, caixas, parafusos, porcas e outras partes ferrosas, excetuando aquelas em aço inoxidável e liga de alumínio, deverão ser galvanizadas pelo processo de imersão a quente, de acordo com o prescrito na norma ABNT NBR 6323.

## 8.10 Estanqueidade

O transformador de potencial completo, cheio de óleo e com todos os acessórios, deve suportar as pressões manométricas com os respectivos tempos de aplicação, previstos na ABNT NBR 6855, sem que apresente vazamento e deformações permanentes.

## 8.11 Operação com acessórios carrier

Os transformadores de potencial deverão ser adequados para o acoplamento do carrier de serviço. Quando requerido, os acessórios deverão ser fornecidos para todos ou qualquer número de capacitores de acoplamento, e devem incluir:

- Centelhador;
- Bobina de drenagem;
- Chaves apropriadas e independentes para aterramento dos circuitos de potencial e de acoplamento do equipamento de onda portadora.



As chaves de aterramento deverão ser projetadas para serem operadas externamente aos TPCs.

Deverá ser previsto um intertravamento eficaz, de modo que o acesso aos dispositivos de potencial e de acoplamento do equipamento de onda portadora, somente seja permitido quando as respectivas chaves de aterramento estiverem fechadas (circuitos aterrados).

Deverá ser previsto um intertravamento eficaz, de modo que o acesso aos dispositivos de potencial e de acoplamento do equipamento de onda portadora, somente seja permitido quando as respectivas chaves de aterramento estiverem fechadas (circuitos aterrados).

Dispositivo para conexão do cabo do carrier incluindo bucha de entrada para proteção contra intempéries, para cabo RG11, 75  $\Omega$ .

O projeto deverá prever meios que permitam a realização de medições de capacitância, através de acessórios externos ao terminal de saída para aterramento do divisor capacitivo de potencial.

O fabricante deverá descrever em sua proposta, o princípio de operação e o desempenho do carrier (bloqueio do sinal ou geração de sinal espúrio durante condições transitórias).

#### Montagem das bobinas de bloqueio

Os TPCs, deverão ser adequados para montagem em conjunto com bobinas de bloqueio. Para tanto deverá ser prevista na parte superior dos mesmos, meios de fixação da bobina, com furação do topo conforme Desenho 1.

Quando a especificação de fornecimento indicar a necessidade da montagem com a bobina, deverá fazer parte do fornecimento o respectivo suporte.

Para o dimensionamento do TPC deverão ser consideradas, massa da bobina: 20 kg e área de vento: 0,5 m<sup>2</sup>.

## 8.12 Acessórios

Os equipamentos deverão ser fornecidos com todos os acessórios necessários ao seu perfeito funcionamento, incluindo, mas não se limitando os seguintes:

- a) Câmara de expansão, se aplicável;
- b) Visores para nível de óleo, se aplicável;
- c) Olhais para içamento, se aplicável;
- d) Dispositivo de alívio de pressão, se aplicável;
- e) Terminal e conector para aterramento;
- f) Terminal de linha sem conector;
- g) Anel anticorona, se aplicável;
- h) Caixa de terminais dos secundários;
- i) Flanges ou válvulas para drenagem, enchimento e válvula para retirada de amostra do óleo isolante;
- j) Placa de identificação;
- k) Placa de identificação de cadastro de equipamento.

## 9 PINTURA E MARCAÇÕES

Os equipamentos de massa isolante não é necessária pintura.

As superfícies internas e externas deverão receber o tratamento, conforme a norma ABNT NBR 11388.

### 9.1 Condições gerais

A pintura deve ser aplicada após a preparação da superfície. Deve ser utilizado o método de esguicho ("flooding").

Medida de espessura da película seca não deve contemplar a rugosidade da chapa, isto é, a espessura deve ser medida acima dos picos.

O desengraxe das superfícies, interna e externa, deve ser realizado com o uso de solventes, segundo Norma SSPC-SP 1.

Jateamento com gralha de aço ao metal branco padrão grau SA-2 1/2 segundo Norma SS-EN ISO 8501-1. Opcionalmente, as superfícies internas nos pontos onde não é possível o jateamento, é permitida a decapagem química, segundo Norma SSPC-SP 8.

**NOTA:**

- XVIII. O fornecedor pode apresentar, alternativamente, outro processo de pintura mediante consulta e sujeita à aprovação da Energisa, desde que o processo apresentado tenha a garantia mínima de 10 (dez) anos contra corrosão em ambiente com nível de poluição muito pesado, de acordo com a IEC 60815. Para isso, deve também detalhar na Proposta os materiais utilizados, processos, ensaios, normas e o tempo de garantia.

## 9.2 Acabamento interno

No acabamento interno dos transformadores de potencial, devem ser observados os seguintes requisitos:

- a) As impurezas devem ser removidas por processo adequado logo após a fabricação do tanque;
- b) Deve ser aplicada uma tinta de fundo, tipo primer epóxi, rico em zinco, com espessura mínima de 30  $\mu\text{m}$ ;
- c) Deve ser aplicada base antiferruginosa, branco, notação Munsell N 9,5, que não afete nem seja afetada pelo líquido isolante, com espessura seca mínima de 40  $\mu\text{m}$ ;
- d) Espessura seca total mínima de 70  $\mu\text{m}$ .



### 9.2.1 Indicação do nível de óleo isolante

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

### 9.3 Acabamento externo

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

- a) As impurezas devem ser removidas por processo químico ou jateamento abrasivo ao metal quase branco, padrão visual Sa 2.½ da SIS-05-5900, logo após a fabricação do tanque;
- b) Antes do início de qualquer processo de oxidação, deverá ser aplicada tinta de fundo, tipo primer epóxi, rico em zinco, com espessura mínima de 80 µm;
- c) Em seguida, aplica-se uma de base antiferruginosa, tipo epóxi de ferro micáceo, com espessura mínima de 80 µm;
- d) Por fim, tinta em poliuretano acrílico alifático, cor cinza-claro, notação Munsell N 6.5, perfazendo uma espessura mínima de 80 µm;
- e) Espessura seca total mínima de 240 µm.

### 9.4 Marcação dos enrolamentos e terminais

A identificação dos terminais deve ser feita por meio de letras e algarismos, conforme prescrições contidas na ABNT NBR 6855, em baixo relevo, com pintura em cor contrastante com a do TC.

Quando forem permitidas religações, devem constar na placa de identificação todas as indicações necessárias a uma correta execução das mesmas.


#### NOTA:

XIX. Outras formas de identificação poderão ser aceitas, mediante aprovação previa da Energisa.

## 10 INSPEÇÃO E ENSAIOS

### 10.1 Generalidades

- a) Os transformadores de potencial devem ser submetidos a inspeção e ensaios na fábrica, de acordo com esta Especificação Técnica e com as normas da ABNT aplicáveis, na presença de inspetores credenciados pela Energisa, devendo a Energisa ser comunicada pelo fornecedor com pelo menos 15 (quinze) dias de antecedência se fornecedor nacional e 30 (trinta) dias se fornecedor estrangeiro, das datas em que os lotes estiverem prontos para inspeção final, completos com todos os acessórios.
- b) A Energisa reserva-se ao direito de inspecionar e testar os transformadores de potencial e o material utilizado durante o período de fabricação, antes do embarque ou a qualquer tempo em que julgar necessário. O fabricante deverá proporcionar livre acesso do inspetor aos laboratórios e às instalações onde os transformadores de potencial em questão estiverem sendo fabricados, fornecendo-lhe as informações solicitadas e realizando os ensaios necessários. O inspetor poderá exigir certificados de procedências de matérias-primas e componentes, além de fichas e relatórios internos de controle.
- c) O fornecedor deve apresentar, para aprovação da Energisa, o seu Plano de Inspeção e Testes, que deverá conter as datas de início da realização de todos os ensaios, os locais e a duração de cada um deles, sendo que o período para inspeção deve ser dimensionado pelo proponente de tal forma que esteja contido nos prazos de entrega estabelecidos na proposta de fornecimento.
- d) O plano de inspeção e testes deve indicar os requisitos de controle de qualidade para utilização de matérias primas, componentes e acessórios de fornecimento de terceiros, assim como as normas técnicas empregadas na fabricação e inspeção dos transformadores de potencial em porcelana.


- 
- e) Certificados de ensaio de tipo previstos no item 10.2 para transformadores de potencial de características similares ao especificado, porém aplicáveis, podem ser aceitos desde que a Energisa considere que tais dados comprovem que os transformadores de potencial propostos atendem ao especificado.

Os dados de ensaios devem ser completos, com todas as informações necessárias, tais como métodos, instrumentos e constantes usadas e indicar claramente as datas nas quais os mesmos foram executados. A decisão final, quanto à aceitação dos dados de ensaios de tipos existentes, será tomada posteriormente pela Energisa, em função da análise dos respectivos relatórios. A eventual dispensa destes ensaios somente terá validade por escrito.

- f) Os ensaios para aprovação do protótipo podem ser dispensados parcial ou totalmente, a critério da Energisa, caso já exista um protótipo idêntico aprovado. Se os ensaios de tipo forem dispensados, o fabricante deve emitir um relatório completo destes ensaios, com todas as informações necessárias, tais como, métodos, instrumentos e constantes usadas. A eventual dispensa destes ensaios pela Energisa somente terá validade por escrito.

Entretanto, é reservado à Energisa o direito de rejeitar esses relatórios, parcialmente ou totalmente, se os mesmos não estiverem conforme prescritos nas normas ou não corresponderem aos transformadores de potencial especificados.

- g) O fabricante deve dispor de pessoal e aparelhagem próprios ou contratados, necessários à execução dos ensaios. Em caso de contratação, deve haver aprovação prévia por parte da Energisa.
- h) O fabricante deve assegurar ao inspetor da Energisa o direito de familiarizar-se, em detalhes, com as instalações e equipamentos a serem utilizados, estudar todas as instruções e desenhos, verificar calibrações, presenciar ensaios, conferir resultados e, em caso de dúvida, efetuar novas inspeções e exigir a repetição de qualquer ensaio.
- i) Todos os instrumentos e aparelhos de medição, máquinas de ensaios etc., devem ter certificado de aferição emitido por instituições acreditadas pelo




INMETRO ou órgão internacional compatível, válidos por um período de 2 (dois) anos. Por ocasião da inspeção, devem estar ainda dentro deste período, podendo acarretar desqualificação do laboratório o não cumprimento dessa exigência.

- j) A aceitação dos transformadores de potencial e/ou a dispensa de execução de qualquer ensaio:
- Não exige o fabricante da responsabilidade de fornecê-lo de acordo com os requisitos desta Especificação Técnica;
  - Não invalida qualquer reclamação posterior da Energisa a respeito da qualidade do material e/ou da fabricação.

Em tais casos, mesmo após haver saído da fábrica, os transformadores de potencial podem ser inspecionados e submetidos a ensaios, com prévia notificação ao fabricante e, eventualmente, em sua presença. Em caso de qualquer discrepância em relação às exigências desta Especificação Técnica, eles podem ser rejeitados e sua reposição será por conta do fabricante.

- k) Após a inspeção dos transformadores de potencial em porcelana, o fabricante deverá encaminhar à Energisa, por lote ensaiado, um relatório completo dos ensaios efetuados, em uma via, devidamente assinada por ele e pelo inspetor credenciado pela Energisa.
- l) Esse relatório deverá conter todas as informações necessárias para o seu completo entendimento, tais como, métodos, instrumentos, constantes e valores utilizados nos ensaios, além dos resultados obtidos.
- m) Todas as unidades de produto rejeitadas, pertencentes a um lote aceito, devem ser substituídas por unidades novas e perfeitas, por conta do fabricante, sem ônus para a Energisa, sendo o fabricante responsável pela recomposição de unidades ensaiadas, quando isto for necessário, antes da entrega à Energisa.

- 
- n) Nenhuma modificação nos transformadores de potencial deve ser feita "a posteriori" pelo fabricante sem a aprovação da Energisa. No caso de alguma alteração, o fabricante deve realizar todos os ensaios de tipo, na presença do inspetor da Energisa, sem qualquer custo adicional.
- o) A Energisa poderá, a seu critério, em qualquer ocasião, solicitar a execução dos ensaios de tipo para verificar se os transformadores de potencial estão mantendo as características de projeto preestabelecidas por ocasião da aprovação dos protótipos.
- p) Para efeito de inspeção, os transformadores de potencial deverão ser divididos em lotes, por tipo. A rejeição do lote, em virtude de falhas constatadas nos ensaios, não dispensa o fabricante de cumprir as datas de entrega prometidas. Se, na conclusão da Energisa, a rejeição tornar impraticável a entrega dos transformadores de potencial nas datas previstas, ou tornar evidente que o fabricante não será capaz de satisfazer às exigências estabelecidas nesta especificação, a mesma reserva-se ao direito de rescindir todas as obrigações e obter o material de outro fornecedor. Em tais casos, o fabricante será considerado infrator do contrato e estará sujeito às penalidades aplicáveis.
- q) O custo dos ensaios deve ser por conta do fabricante.
- r) A Energisa reserva-se ao direito de exigir a repetição de ensaios em lotes já aprovados. Nesse aspecto, as despesas serão de responsabilidade da mesma, caso as unidades ensaiadas forem aprovadas na segunda inspeção, caso contrário, incidirão sobre o fabricante.
- s) Os custos da visita do inspetor da Energisa, tais como, locomoção, hospedagem, alimentação, homem-hora e administrativos, correrão por conta do fabricante se:
- Na data indicada na solicitação de inspeção os transformadores de potencial não estiverem prontos;

- O laboratório de ensaio não atender às exigências citadas nas alíneas 10.1.f até 10.1.h;
- O material fornecido necessitar de acompanhamento de fabricação ou inspeção final em subfornecedor, contratado pelo fornecedor, em localidade diferente da sua sede;
- O material necessitar de reinspeção por motivo de recusa;
- Os ensaios de recebimento e/ou tipo forem efetuados fora do território brasileiro.

## 10.2 Relação de ensaios

Todos os ensaios relacionados estão constando na Tabela 6.

### 10.2.1 Ensaios de tipo (T)

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

- a) Elevação de temperatura, conforme item 10.3.3;
- b) Curto-circuito, conforme item 10.3.4;
- c) Ensaio de impulso atmosférico, conforme item 10.3.5;
- d) Ensaio de tensão suportável à frequência industrial sob chuva, conforme item 10.3.7;
- e) Tensão de rádio interferência, conforme item 10.3.8;
- f) Resistência ôhmica dos enrolamentos, conforme item 10.3.9;
- g) Medição de corrente de excitação e perdas a vazio, conforme item 10.3.10;
- h) Determinação da impedância de curto-circuito, conforme item 10.3.11;
- i) Estanqueidade, conforme item 10.3.12;

- j) Exatidão, conforme item 10.3.13;
- k) Ensaio de tensão suportável à frequência industrial em enrolamentos primários, conforme item 10.3.14;
- l) Medição de descargas parciais, conforme item 10.3.15;
- m) Ensaio de tensão suportável à frequência industrial em enrolamentos secundários e entre seções, conforme item 10.3.16;
- n) Medição de capacitância e fator de perdas dielétricas, conforme item 10.3.17;
- o) Ensaio físico-químico do óleo (inclusive PCB), conforme item 10.3.18.

### 10.2.2 Ensaios de recebimento (RE)

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

- a) Inspeção visual, conforme item 10.3.1;
- b) Verificação dimensional, conforme item 10.3.2;
- c) Resistência ôhmica dos enrolamentos com um  $\geq 72,5$  kV, conforme item 10.3.9;
- d) Estanqueidade, conforme item 10.3.12;
- e) Exatidão, conforme item 10.3.13;
- f) Ensaio de tensão suportável à frequência industrial em enrolamentos primários, conforme item 10.3.14;
- g) Medição de descargas parciais, conforme item 10.3.15;
- h) Ensaio de tensão suportável à frequência industrial em enrolamentos secundários e entre seções, conforme item 10.3.16;
- i) Medição de capacitância e fator de perdas dielétricas, conforme item 10.3.17;

- j) Ensaio físico-químico do óleo (inclusive PCB), conforme item 10.3.18;
- k) Zincagem, conforme item 10.3.19;
- l) Estanhagem dos terminais, conforme item 10.3.20.

### 10.2.3 Ensaios especiais (E)

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


- a) Ensaio de impulso atmosférico, conforme item 10.3.5;
- b) Ensaio de impulso de manobra sob chuva, conforme item 10.3.6;
- c) Ensaio de tensão suportável à frequência industrial sob chuva, conforme item 10.3.7;
- d) Tensão de rádio interferência, conforme item 10.3.8;
- e) Resistência ôhmica dos enrolamentos, conforme item 10.3.9;
- f) Estanqueidade, conforme item 10.3.12;
- g) Exatidão, conforme item 10.3.13;
- h) Ensaio de tensão suportável à frequência industrial em enrolamentos primários, conforme item 10.3.14;
- i) Ensaios mecânicos, conforme item 10.3.21;
- j) Medição de sobretensões transmitidas, conforme item 10.3.22;
- k) Sobretensão sustentada, conforme item 10.3.23.

## 10.3 Descrição dos ensaios

### 10.3.1 Inspeção visual

O inspetor deverá efetuar uma inspeção geral verificando:



- 
- a) Acabamento, conforme item 9;
  - b) Identificação, conforme item 8.7;
  - c) Acondicionamento, conforme item 6.3;
  - d) Verificação de marcação dos terminais, conforme item 9.4.

A não conformidade de qualquer um desses requisitos determinará a sua rejeição.

### 10.3.2 Verificação dimensional

As dimensões dos transformadores de potencial devem ser confrontadas com as dimensões dos desenhos previamente aprovados pela Energisa.

A não conformidade dos requisitos acima determinará a sua rejeição.

### 10.3.3 Elevação de temperatura

O ensaio deve ser realizado conforme ABNT NBR 6855.


Constitui falha se as elevações de temperatura determinadas no final do ensaio excederem aos valores especificados no item 7.10.

### 10.3.4 Curto-circuito

O ensaio deve ser realizado conforme ABNT NBR 6855.

Constitui falha se:

- a) Apresentar danos visíveis;
- b) Não permanecer dentro da sua classe de exatidão especificada;
- c) Não suportar os ensaios dielétricos de tensão suportável à frequência industrial nos enrolamentos primários;

- 
- d) Isolamento próximo à superfície de ambos os enrolamentos primário e secundário, esse apresentarem deterioração significativa (por exemplo, carbonização).

### 10.3.5 Ensaio de impulso atmosférico

O ensaio deve ser realizado conforme ABNT NBR 6855 e ABNT NBR IEC 60060-1.

Constitui falha se:

- a) Ocorrer descarga disruptiva no isolamento interno e ao longo do isolamento externo não autorrecuperante;
- b) Ocorrer mais que duas descargas ao longo do isolamento externo autorrecuperante (pelo ar);
- c) For detectada nenhuma outra evidência de falha de isolamento, por exemplo, variações na forma de onda das grandezas registradas;
- d) Ocorrer nenhum ruído audível vindo do TPC sob ensaio;
- e) Ser não aprovado nos ensaios de medição de descargas parciais e exatidão após ensaio de impulso.

### 10.3.6 Ensaio de impulso de manobra sob chuva

O ensaio deve ser realizado conforme ABNT NBR 6855 e ABNT NBR IEC 60060-1.

Constitui falha se:

- a) Ocorrer descarga disruptiva no isolamento interno e ao longo do isolamento externo não autorrecuperante;
- b) Ocorrer mais que duas descargas ao longo do isolamento externo autorrecuperante (pelo ar);
- c) For detectada nenhuma outra evidência de falha de isolamento, por exemplo, variações na forma de onda das grandezas registradas;

- d) Ocorrer nenhum ruído audível vindo do TPC sob ensaio;
- e) Ser não aprovado nos ensaios de medição de descargas parciais e exatidão após ensaio de impulso.

### 10.3.7 Ensaio de tensão suportável à frequência industrial sob chuva

O ensaio deve ser realizado conforme ABNT NBR 6855 e ABNT NBR IEC 60060-1.

Constitui falha se:

- a) Ocorrer descarga disruptiva no isolamento interno e ao longo do isolamento externo não autorrecuperante;
- b) Ocorrer mais que duas descargas ao longo do isolamento externo autorrecuperante (pelo ar);
- c) For detectada nenhuma outra evidência de falha de isolamento, por exemplo, variações na forma de onda das grandezas registradas;
- d) Ocorrer nenhum ruído audível vindo do TPC sob ensaio;
- e) Ser não aprovado nos ensaios de rotina de medição de descargas parciais e exatidão após ensaio de impulso.

### 10.3.8 Tensão de rádio interferência

O ensaio deve ser realizado conforme ABNT NBR 6855 e IEC CISPR/TR 18-2.

Constitui falha se os níveis de tensão de rádio interferência forem superiores aos limites especificados no item 7.17.

### 10.3.9 Resistência ôhmica dos enrolamentos

O ensaio deve ser realizado conforme ABNT NBR 6855.

Neste ensaio não há critérios de aprovação e os valores obtidos são meramente informativos.

### 10.3.10 Corrente de excitação e perdas em vazio

O ensaio deve ser realizado conforme ABNT NBR 6855.

Neste ensaio não há critérios de aprovação e os valores obtidos são meramente informativos.

### 10.3.11 Impedância de curto-circuito

O ensaio deve ser realizado conforme ABNT NBR 6855.

Neste ensaio não há critérios de aprovação e os valores obtidos são meramente informativos.

### 10.3.12 Estanqueidade

Este ensaio deve ser realizado somente nos TPC imersos em líquido isolante.

O ensaio deve ser realizado conforme ABNT NBR 6855.

Constitui falha se durante este apresentar vazamentos nem deformações permanentes.

### 10.3.13 Exatidão


O ensaio deve ser realizado conforme ABNT NBR 6855.

Constitui falha se os erros de relação e ângulo estiverem dentro do paralelogramo de exatidão da classe especificada no item 7.8.

### 10.3.14 Tensão suportável à frequência industrial em enrolamentos primários

O ensaio deve ser realizado conforme ABNT NBR 6855 e ABNT NBR IEC 60060-1.

Constitui falha se:

- 
- a) Ocorrer descarga disruptiva no isolamento interno e ao longo do isolamento externo não autorrecuperante;
  - b) Ocorrer mais que duas descargas ao longo do isolamento externo autorrecuperante (pelo ar);
  - c) For detectada nenhuma outra evidência de falha de isolamento, por exemplo, variações na forma de onda das grandezas registradas;

### 10.3.15 Medição de descargas parciais

O ensaio deve ser realizado conforme ABNT NBR 6855.

Constitui falha se os níveis de descargas parciais medidos excederem aos limites especificados:

- a) Até 36,2 kV:
  - A seco: 50 pC.
- b) Acima de 52,0 kV (este incluso):
  - A seco: 50 pC.
  - Imerso em óleo: 10 pC.

### 10.3.16 Tensão suportável à frequência industrial em enrolamentos secundários e entre seções

O ensaio deve ser realizado conforme ABNT NBR 6855.

Constitui falha se durante 1 minuto, forem observadas descargas disruptivas ou evidências de falha no isolamento.

### 10.3.17 Medição de capacitância e fator de perdas dielétricas

O ensaio deve ser realizado conforme ABNT NBR 6855.

Constitui falha se o fator de perdas dielétricas medido à temperatura ambiente exceder a 1 %.

### 10.3.18 Ensaio físico-químico do óleo (inclusive PCB)

As características do óleo isolante e os métodos para a verificação destas estão indicados na Resolução ANP N.º 36 de 5/12/2008.

Os ensaios relacionados estão na Tabela 4.

Constitui falha ao não atendimento aos valores limites de qualquer das características físico-químicas indicadas na Tabela 4.

### 10.3.19 Zincagem

As ferragens utilizadas nos transformadores devem ser submetidas a este ensaio, para verificação das seguintes características:

- a) Aderência, conforme ABNT NBR 7398;
- b) Espessura da cama de zinco, conforme ABNT NBR 7399;
- c) Uniformidade da cama de zinco, conforme ABNT NBR 7400.

Constitui falha ao não atendimento ao item 8.9.

### 10.3.20 Estanhagem dos terminais

Este ensaio deve ser executado conforme ASTM B545.

Constitui falha ao não atendimento ao item 8.9.

### 10.3.21 Ensaio mecânicos

O ensaio deve ser realizado conforme ABNT NBR 6855.

Constitui falha se ocorrer evidência de dano (deformação, rompimento ou vazamento).

### 10.3.22 Medição de sobretensões transmitidas

O ensaio deve ser realizado conforme ABNT NBR 6855.

Constitui falha se o valor da sobretensão transmitida exceder ao valor definidos na ABNT NBR 6855.

### 10.3.23 Sobretensão sustentada

O ensaio deve ser realizado conforme ABNT NBR 6855.

Constitui falha se os níveis de descargas parciais medidos após o ensaio de sobretensão sustentada excederem aos especificados no item 10.3.15.

## 10.4 Relatórios dos ensaios

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

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

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

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

## 11 PLANOS DE AMOSTRAGEM

### 11.1 Ensaios de tipo

Para os ensaios de tipo, devem ser seguidos as orientações da ABNT NBR 6855.

### 11.2 Ensaios de recebimento

A quantidade de transformadores de potencial a ser submetida a cada um dos ensaios de recebimento é conforme Tabela 5 deve ser retirada, aleatoriamente, de um lote.

Se o lote a ser fornecido for constituído por mais de 1.200 unidades, essa quantidade deve ser dividida em vários lotes com menor número, cada um deles contendo entre 50 e 500 unidades.

Os transformadores de potencial que tenham sido submetidos a ensaios de recebimento que possam ter afetado suas características elétricas e/ou mecânicas não devem ser utilizados em serviço.



### 11.3 Ensaios especiais

Para os ensaios especiais, deve ser retirada a (s) amostra (s) na Unidade de Negócio do grupo Energisa.

Se a (s) amostra (s) falharem em quaisquer um dos ensaios especiais, deverá ser aberta de não-conformidade.

## 12 ACEITAÇÃO E REJEIÇÃO

### 12.1 Ensaios de tipo

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

Se ocorrer uma falha em um dos ensaios o fabricante pode apresentar nova amostra para ser ensaiada. Se esta amostra apresentar algum resultado insatisfatório o elo fusível não será aceito.

### 12.2 Ensaios de recebimento

Os critérios para a aceitação ou a rejeição nos ensaios complementares de recebimento são:

- a) Se nenhuma unidade falhar no ensaio, o lote será aprovado;
- b) Se apenas uma unidade falhar no ensaio, o fornecedor deverá apresentar relatório apontando as causas da falha e as medidas tomadas para corrigi-las, submetendo-se o lote a novo ensaio, no mesmo número de amostras conforme Tabela 5;
- c) Se duas ou mais unidades falharem no ensaio, o lote será recusado.

As unidades defeituosas constantes de amostras aprovadas nos ensaios devem ser substituídas por novas, o mesmo ocorrendo com o total das amostras aprovadas em ensaios destrutivos.

## 13 NOTAS COMPLEMENTARES

Em qualquer tempo e sem necessidade de aviso prévio, esta Especificação Técnica poderá sofrer alterações, no seu todo ou em parte, por motivo de ordem técnica e/ou devido às modificações na legislação vigente, de forma a que os interessados deverão, periodicamente, consultar a Energisa.

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

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

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

[normas.tecnicas@energisa.com.br](mailto:normas.tecnicas@energisa.com.br)

## 14 HISTÓRICO DE VERSÕES DESTE DOCUMENTO

Data	Versão	Descrição das alterações realizadas
28/08/2020	0.0	<ul style="list-style-type: none"><li>Esta 1ª edição.</li></ul>

## 15 VIGÊNCIA

Esta Especificação Técnica entra em vigor na data de 01/04/2021 e revoga as versões anteriores.

## 16 TABELAS

TABELA 1 - Características elétricas dos transformadores de potencial

Código Energisa		691600	691601
Aplicação		Externo	
Isolação		Óleo isolante	
Tensão primária nominal	(V)	69.000/√3	138.000/√3
Nível de Isolamento (kV)	(kV)	72,5	145,0
Potência Nominal	(VA)	1.000	1.000
Carga de exatidão simultânea		225	225
Frequência	(Hz)	60	
Quantidade enrolamento	Primário	1	
	Secundário	3	
Tensão secundária nominal	(V)	115 / 115:√3 / 115:3	
Classe de exatidão		0,3 p 75	
Relação Nominal		Ver Tabela 3	
Grupo de Ligação		3B	
Fator de Sobretensão		1,2 / 1,9 pu	
Fator de perdas dielétricas	(%)	≤ 1,0	
Tensão máxima de rádio interferência	(μV)	-	500
Distância de escoamento	(mm/kV)	25	
Empresas		EAC / EBO / EMG / EMS / EMT / ENF / EPB / ERO / ESE / ESS / ETO	EAC / EBO / EMG / EMS / EMT / ENF / EPB / ERO / ESE / ESS / ETO

TABELA 2 - Níveis de isolamento de TPCs

Tensão máxima do equipamento ( $U_{max}$ )	Tensão suportável nominal de impulso atmosférico (valor de crista)	Tensão suportável nominal à frequência industrial durante 1 min (valor eficaz)
(kV)		
1,0	-	3,0
72,5	350,0	140,0
145,0	650,0	275,0

TABELA 3 - Relações nominais e tensões secundárias

Tensão máxima do equipamento	Tensão primária nominal	Relação nominal		
		Tensão secundária nominal		
(kV)	(V)	~115	~115/3	~115/3
72,5	69.000/√3	350:1	600:1	1.050:1
145,0	138.000/√3	700:1	1.200:1	2.100:1

TABELA 4 - Características do óleo isolante após contato com equipamento - Óleo mineral

Características do óleo mineral isolante (OMI)	Unidade	Norma	Valor
Tensão interfacial	mN/m	ASTM D971 ou ABNT NBR 6234	≥ 40
Teor de água	mg/kg <sup>1</sup>	ASTM D1533 ou ABNT NBR 10710	≤ 25
Rigidez dielétrica (eletrodo de disco) <sup>2</sup>	kV	ASTM D877 ou ABNT NBR 6869	≥ 30
Rigidez dielétrica (eletrodo de calota) <sup>2</sup>	kV	ABNT NBR IEC 60156	≥ 45
Fator de perdas dielétricas ou fator de dissipação a 25 °C <sup>3</sup>	%	ASTM D924 ou ABNT NBR 12133	≤ 0,05
Fator de perdas dielétricas ou fator de dissipação a 100 °C <sup>3</sup>	%	ASTM D924 ou ABNT NBR 12133	≤ 0,9
Índice de neutralização	mgKOH/g	ASTM D974 ou ABNT NBR 14248	≤ 0,03
Teor de bifenilaspolicloradas (PCB)	mg/kg <sup>1</sup>	ABNT NBR 13882	Não detectado

**NOTA:**

- I. A unidade mg/kg equivale a ppm.
- II. Qualquer um dos métodos de medição da rigidez dielétrica pode ser utilizado.
- III. Qualquer um dos métodos de medição do fator de perdas dielétricas pode ser utilizado.

TABELA 5 - Planos de amostragem para ensaios de recebimento

Tamanho do lote	Amostragem dupla Nível de inspeção S3 NQA 6,5%			
	Amostra		Ac	Re
	Seq.	Tam.		
2 a 50	-	2	0	1
51 a 500	1 <sup>a</sup>	5	0	2
	2 <sup>a</sup>		1	2
501 a 1.200	1 <sup>a</sup>	8	0	3
	2 <sup>a</sup>		3	4

Legenda:

Seq. - Sequência da amostra;

Tam. - Tamanho da amostra;

Ac - número de aceitação;

Re - número de rejeição.

TABELA 6 - Relação de ensaios

Item	Descrição dos ensaios	Tipo de ensaios
10.3.1	Inspeção visual	RE
10.3.2	Verificação dimensional	RE
10.3.3	Elevação de temperatura	T
10.3.4	Curto-circuito	T
10.3.5	Ensaio de impulso atmosférico	T / E
10.3.6	Ensaio de impulso de manobra sob chuva	E
10.3.7	Ensaio de tensão suportável à frequência industrial sob chuva	T / E
10.3.8	Tensão de rádio interferência	T / E
10.3.9	Resistência ôhmica dos enrolamentos	T / RE / E
10.3.10	Corrente de excitação e perdas em vazio	T
10.3.11	Impedância de curto-circuito	T
10.3.12	Estanqueidade	T / RE / E
10.3.13	Exatidão	T / RE / E
10.3.14	Tensão suportável à frequência industrial em enrolamentos primários	T / RE / E
10.3.15	Medição de descargas parciais	T / RE
10.3.16	Tensão suportável à frequência industrial em enrolamentos secundários e entre seções	T / RE
10.3.17	Medição de capacitância e fator de perdas dielétricas	T / RE
10.3.18	Ensaio físico-químico do óleo (inclusive PCB)	T / RE
10.3.19	Zincagem	RE
10.3.20	Estanhagem dos terminais	RE
10.3.21	Ensaio mecânicos	E
10.3.22	Medição de sobretensões transmitidas	E
10.3.23	Sobretensão sustentada	E

Legenda:

T - Ensaio de tipo;

E - Ensaio especial.

RE - Ensaio de recebimento;

## 17 ANEXO

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

TRANSFORMADOR DE POTENCIAL INDUTIVO		
Tipo do TPC:		
Nome do fabricante:		
Número da licitação:		
Número da proposta:		
ITEM	DESCRIÇÃO	UNIDADES CARACTERÍSTICAS
1	Tipo	
2	Uso (interno/externo)	
3	Tensões nominais:	
3.1	Primária	kV
3.2	Máxima de operação	kV
3.3	Secundária	V
4	Frequência nominal	Hz
5	Exatidão de cada enrolamento, no limite entre: 90 e 110% da tensão primária nominal, fase-terra, desde vazio até a carga nominal:	
5.1	• Enrolamento 1:	
5.2	• Enrolamento 2:	
5.3	• Enrolamento 3:	
6	Número de enrolamentos secundários:	
6.1	• De medição de faturamento:	
6.2	• De medição operativa:	
6.3	• Total:	
7	Relação nominal	
8	Relação de transformação	
9	Número de espiras de cada enrolamento:	
9.1	• Primário:	
9.2	• Secundário:	



ITEM	DESCRIÇÃO	UNIDADES CARACTERÍSTICAS
10	Grupo de ligação	
11	Tensão suportável à frequência industrial	kV
12	Tensão suportável à frequência industrial, sob chuva	kV
13	Tensão suportável à frequência industrial, nos enrolamentos secundários	kV
14	Tensão suportável de impulso atmosférico	kV
15	Máxima tensão de rádio interferência medida a 1,1 Umáx/ 3	µV
16	Nível máximo de descargas parciais a 110% da tensão fase-terra	pC
17	Fator de sobretensão nominal	
18	Fator de perdas dielétricas do isolamento referido a 20 °C	
19	Potência térmica nominal	VA
20	Cargas nominais:	
20.1	• Enrolamento 1:	
20.2	• Enrolamento 2:	
20.3	• Enrolamento 3:	
21	Corrente de curto-circuito nos terminais secundários	kA
22	Elevação de temperatura para operação contínua e carga total, com temperatura ambiente de 40 °C:	
22.1	• Enrolamento:	°C
22.2	• Óleo:	°C
23	Tipo de núcleo	
24	Material do núcleo	
25	Tipo de óleo isolante.	
26	Volume de óleo isolante.	l
27	Tipo do gás em contato com o líquido isolante (se aplicável)	
28	Pressão do gás em contato com o líquido isolante (se aplicável)	kPa
29	Distância mínima especificada de escoamento fase-terra	mm
30	Máxima força de tração, horizontal, nos terminais primários	daN
31	Erro de relação e erro de ângulo de fase de zero até a carga nominal com tensão e frequência nominais. Esta informação deve ser apresentada em curva tendo como limites do paralelogramo o erro de relação e o erro de ângulo de fase	
32	Massas:	
32.1	• Total:	kg
32.2	• Aproximada para transporte:	kg

33	Dimensões:	
33.1	Largura	mm
33.2	Comprimento	mm
33.3	Altura	mm
34	Dimensões aproximadas para transporte:	
34.1	Largura	mm
34.2	Comprimento	mm
34.3	Altura	mm

#### NOTAS:

- I. O fabricante deve fornecer em sua proposta todas as informações requeridas no Quadro de Dados Técnicos e Características Garantidas.
- II. Se forem submetidas propostas alternativas cada uma delas deve ser submetida com o Quadro de Dados Técnicos e Características Garantidas específico, claramente preenchido, sendo que cada quadro deve ser devidamente marcado para indicar a qual proposta pertence.
- III. Erro no preenchimento do quadro de características poderá ser motivo para desclassificação.
- IV. Todas as informações requeridas no Quadro de Dados Técnicos e Características Garantidas devem ser compatíveis com as informações descritas em outras partes da proposta de fornecimento. Em caso de dúvidas as informações prestadas no referido quadro prevalecerão sobre as descritas em outras partes da proposta.
- V. O fabricante deve garantir que a performance e as características dos equipamentos a serem fornecidos estarão em conformidade com as informações aqui apresentadas.

