

*Unidades capacitores de potência  
em derivação para sistemas de  
distribuição até 36,2 kV*

ESA|DENG|NRM-1173|2025

# Especificação Técnica Unificada

ETU - 157.1

Versão 2.0 - Junho / 2025



## Apresentação

Nesta Especificação Técnica apresenta as diretrizes necessárias para a padronização das características e requisitos mínimos exigidos, mecânicos e elétricos, para fornecimento de unidades capacitivas de potência (UCAP), em derivação (DEV), monofásica, sem fusível interno, com resistor de descarga, para instalação externa, aplicáveis aos bancos de capacitores em linhas e redes aéreas de distribuição (LDMT) e subestações de distribuição energia (SED), em classe de tensão até 36,2 kV, nas concessionárias de distribuição do grupo Energisa S.A.

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

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

A presente revisão desta Especificação Técnica é a versão 2.0, datada de junho de 2025.

**Cataguases - MG., Junho de 2025.**

**GTD - Gerência Técnica de Distribuição**

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





## Equipe técnica de revisão da ETU-157.1 (versão 2.0)

**Ricardo Campos Rios**

Grupo Energisa

**Ricardo Machado de Moraes**

Grupo Energisa

**Gilberto Teixeira Carrera**

Grupo Energisa

**Tercius Cassius Melo de Moraes**

Grupo Energisa



## Aprovação técnica

**Ademálio de Assis Cordeiro**

Grupo Energisa

**Fernando Espíndula Corradi**

Energisa Rondônia (ERO)

**Alberto Alves Cunha**

Energisa Tocantins (ETO)

**Guilherme Damiance Souza**

Energisa Sul-Sudeste (ESS)

**Antônio Maurício de Matos Gonçalves**

Energisa Acre (EAC)

**Ricardo Langone Marques**

Dir. Suprimentos Logística

**Erika Ferrari Cunha**

Energisa Sergipe (ESE)

**Rodolfo Acialdi Pinheiro**

Energisa Minas-Rio (EMR)

**Fabio Lancelotti**

Energisa Paraíba (EPB)

**Rodrigo Brandão Fraiha**

Energisa Mato Grosso do Sul (EMS)

**Fabício Sampaio Medeiros**

Energisa Mato Grosso (EMT)

# Sumário

1	OBJETIVO.....	9
2	CAMPO DE APLICAÇÃO.....	9
3	OBRIGAÇÕES E COMPETÊNCIAS.....	9
4	NORMAS E DOCUMENTOS COMPLEMENTARES.....	9
4.1	LEGISLAÇÃO E REGULAMENTAÇÃO FEDERAL .....	10
4.2	NORMA TÉCNICA BRASILEIRA .....	12
4.3	NORMA TÉCNICA INTERNACIONAL.....	14
4.4	NORMA TÉCNICA DO GRUPO ENERGISA .....	18
5	TERMINOLOGIA E DEFINIÇÕES .....	20
5.1	UNIDADE CAPACITIVA (UCAP).....	20
5.2	BANCO DE CAPACITORES (BC) .....	20
5.3	BUCHA.....	20
5.4	CORROSIVIDADE ATMOSFÉRICA .....	20
5.5	CORROSÃO ATMOSFÉRICA .....	20
5.6	DISPOSITIVO DE DESCARGA.....	21
5.7	FREQUÊNCIA NOMINAL ( $F_N$ ) .....	21
5.8	ÓLEO MINERAL ISOLANTE (OMI) .....	21
5.9	ÓLEO VEGETAL ISOLANTE (OVI) .....	21
5.10	POTÊNCIA NOMINAL .....	21
5.11	REDES E LINHAS DE DISTRIBUIÇÃO .....	21
5.12	SUBESTAÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO (SED).....	22
5.13	TENSÃO NOMINAL ( $U_N$ ) .....	22
5.14	TENSÃO MÁXIMA PERMISSÍVEL .....	22
5.15	TERMINAIS DE LINHA.....	22
5.16	ENSAIOS DE RECEBIMENTO .....	22
5.17	ENSAIOS DE TIPO .....	22
5.18	ENSAIOS ESPECIAIS .....	23
6	HOMOLOGAÇÃO DE FORNECEDORES.....	23
7	CONDIÇÕES GERAIS .....	23
7.1	CONDIÇÕES DO SERVIÇO .....	23
7.2	LINGUAGENS E UNIDADES DE MEDIDA .....	24
7.3	ACONDICIONAMENTO .....	25
7.4	MEIO AMBIENTE .....	26
7.5	EXPECTATIVA DE VIDA ÚTIL .....	27
7.6	GARANTIA .....	27
7.7	INCORPORAÇÃO AO PATRIMÔNIO DA ENERGISA.....	28

7.8	MANUAL DE INSTRUÇÕES .....	29
7.9	AVALIAÇÃO TÉCNICA DO MATERIAL .....	29
7.10	ETIQUETA AUTOADESIVA .....	31
8	CARACTERÍSTICAS ELÉTRICAS .....	31
8.1	POTÊNCIA NOMINAL (S) .....	31
8.2	TENSÕES NOMINAIS ( $U_R$ ) .....	32
8.3	NÍVEL DE ISOLAMENTO ( $U_D$ ) .....	32
8.4	FREQUÊNCIA NOMINAL ( $F_R$ ) .....	32
8.5	CORRENTE PERMANENTE NOMINAL ( $I_R$ ) .....	32
8.6	PERDAS .....	33
8.7	CAPACITÂNCIA (F) .....	33
8.8	TENSÃO RESIDUAL .....	33
8.9	TENSÃO DE RÁDIO-INTERFERÊNCIA (RIV) .....	33
9	CONDIÇÕES ESPECÍFICAS .....	33
9.1	MATERIAIS .....	33
9.1.1	Tanque do equipamento .....	34
9.1.2	Buchas isolante e terminal de ligação .....	34
9.1.2.1	Bucha isolante .....	34
9.1.2.2	Terminal de ligação .....	35
9.1.3	Elemento capacitivo .....	36
9.1.4	Líquido isolante .....	36
9.1.5	Partes condutoras .....	37
9.1.6	Terminais de linha .....	37
9.2	CARACTERÍSTICA DIMENSIONAL .....	37
9.3	PLACA DE IDENTIFICAÇÃO .....	38
9.4	REQUISITOS DE SEGURANÇA PARA DISPOSITIVO DE DESCARGA .....	39
9.5	SOLDAS .....	39
10	PINTURA .....	40
10.1	CONDIÇÕES GERAIS .....	40
10.2	ACABAMENTO EXTERNO .....	41
11	INSPEÇÃO E ENSAIOS .....	42
11.1	GENERALIDADES .....	42
11.2	RELAÇÃO DE ENSAIOS .....	46
11.2.1	Ensaio de tipo (T) .....	46
11.2.2	Ensaio de recebimento (RE) .....	47
11.2.3	Ensaio especiais (E) .....	47
11.3	DESCRIÇÃO DOS ENSAIOS .....	48
11.3.1	Inspeção visual .....	49
11.3.2	Verificação dimensional .....	49

11.3.3	Ensaio de estabilidade térmica .....	50
11.3.4	Ensaio de medição do fator de perdas .....	50
11.3.5	Ensaio de medição do fator de perdas à temperatura elevada .....	50
11.3.6	Ensaio de tensão suportável nominal entre terminais e tanque .....	50
11.3.7	Ensaio de tensão suportável nominal entre terminais.....	51
11.3.8	Ensaio de tensão suportável de impulso atmosférico entre terminais e tanque	51
11.3.9	Ensaio de descarga de curto-circuito .....	51
11.3.10	Ensaio de sobretensão .....	51
11.3.11	Ensaio de medição da capacitância.....	52
11.3.12	Ensaio de medição da resistência ôhmica do dispositivo interno de descarga	52
11.3.13	Ensaio de estanqueidade .....	52
11.3.14	Ensaio de tensão residual .....	52
11.3.15	Ensaio físico-químico do líquido isolante .....	52
11.3.15.1	Ensaio de aspecto visual .....	53
11.3.15.2	Ensaio de fator de perdas dielétricas ou fator de dissipação.....	53
11.3.15.3	Ensaio de índice de neutralização (IAT) .....	53
11.3.15.4	Ensaio de rigidez dielétrica por eletrodo de disco .....	54
11.3.15.5	Ensaio de teor de água .....	54
11.3.15.6	Ensaio de teor de bifenilas policloradas (PCB) .....	54
11.3.15.7	Ensaio de tensão interfacial .....	55
11.3.15.8	Ensaio de ponto de combustão.....	55
11.3.16	Ensaio na pintura do tanque .....	55
11.3.16.1	Ensaio de aderência .....	55
11.3.16.2	Ensaio de espessura de camada de tinta .....	55
11.3.17	Ensaio de medição da espessura do revestimento do terminal de ligação	56
11.3.17.1	Camada de estanho.....	56
11.3.17.2	Camada de prata .....	56
11.3.18	Ensaio de resistência.....	56
11.4	RELATÓRIO DE INSPEÇÃO .....	56
12	PLANO DE AMOSTRAGEM.....	57
12.1	ENSAIOS DE TIPO E ESPECIAIS .....	58
12.2	ENSAIOS DE RECEBIMENTO .....	58
12.2.1	Ensaio físico-químico do óleo .....	58
12.2.2	Demais ensaios .....	58
13	ACEITAÇÃO E REJEIÇÃO.....	58
13.1	ENSAIOS DE TIPO E ESPECIAIS .....	58
13.2	ENSAIOS DE RECEBIMENTO .....	59



14	NOTAS COMPLEMENTARES .....	59
15	HISTÓRICO DE VERSÕES DESTE DOCUMENTO .....	60
16	VIGÊNCIA.....	60
17	TABELAS.....	61
	TABELA 1 - Característica técnica das unidades capacitivas .....	61
	TABELA 2 - Planos de amostragem e critério de aceitação para ensaios de recebimento .....	64
	TABELA 3 - Relação de ensaios.....	66
18	DESENHOS .....	67
	DESENHO 1 - Característica dimensional da unidade capacitiva de potência.....	67
	DESENHO 2 - Etiqueta padrão .....	69
19	ANEXOS.....	70
	ANEXO 1 - Quadro de dados técnicos e características garantidas .....	70
	ANEXO 2 - Quadro de desvios técnicos e exceções .....	73

## 1 OBJETIVO

Esta Especificação Técnica estabelece os requisitos técnicos mínimos, tanto mecânicos quanto elétricos, exigidos para a fabricação, ensaios e recebimento de Unidades Capacitivas de Potência (UCAP), em derivação (DEV), monofásica, sem fusível interno, com resistor de descarga, para instalação externa, a serem usados no sistema de distribuição de energia da Energisa.

## 2 CAMPO DE APLICAÇÃO

Aplicam-se às montagens das estruturas de banco de capacitores para linhas e redes aéreas e/ou subestações de distribuição (SED), com classe de tensão até 36,2 kV, situado em áreas urbanas e rurais, previstas nas Normas Técnicas vigentes nas Empresas do Grupo Energisa.

### NOTA:

- I. Os materiais contidos nesta Especificação Técnica não se aplicam as unidades de capacitores de potência, com tensão nominal inferior a 1,0 kV ou superior a 69,0 kV.

## 3 OBRIGAÇÕES E COMPETÊNCIAS

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

## 4 NORMAS E DOCUMENTOS COMPLEMENTARES

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

- ABNT NBR 5282, Capacitores de potência em derivação para sistema de tensão nominal acima de 1000 V - Especificação

- 
- IEC 60871-1 - Shunt capacitors for a.c. power systems having a rated voltage above 1.000 V - Part 1: General
  - IEEE 18, IEEE Standard for shunt power capacitors

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

#### 4.1 Legislação e regulamentação federal

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

- Lei Federal N.º 14.250, de 25/11/2021, Dispõe sobre a eliminação controlada de materiais, de fluidos, de transformadores, de capacitores e de demais equipamentos elétricos contaminados por bifenilas policloradas (PCBs) e por seus resíduos
- Decreto Federal N.º 41.019, de 26/02/1957, Regulamenta os serviços de energia elétrica
- Decreto Federal N.º 73.080, de 05/11/1973, Altera o artigo 47, do Decreto Federal N.º 41.019, de 26/02/1957, que regulamenta os serviços de energia elétrica
- Decreto Federal N.º 96.044, de 18/05/1988, Regulamenta o Transporte Rodoviário de produtos Perigosos, e dá outras providências
- Decreto Federal N.º 6.514, de 22/07/2008, Dispõe sobre as infrações e sanções administrativas ao meio ambiente, estabelece o processo administrativo federal para apuração destas infrações, e dá outras providências
- Decreto Federal Legislativo N.º 43, de 29/05/1998, Aprova o texto da Convenção Internacional sobre Preparo, Resposta, e Cooperação em Caso de Poluição por Óleo, 1990, concluída em Londres, em 30/11/1990
- Decreto Legislativo N.º 204, de 2004, Aprova o texto da Convenção de Estocolmo sobre Poluentes Orgânicos Persistentes, adotada, naquela cidade, em 22/05/2001
- Portaria Interministerial MME/MDIC/MCTIC N.º 19, de 29/01/1981, Contaminação do meio ambiente por bifenis policlorados - PCBs (Ascarel, Aroclor, Clophen, Phenoclor, Kanechlor etc.)
- Portaria Interministerial MTE/MS N.º 775, de 28/04/2004, Dispõe sobre a proibição, em todo o Território Nacional, da comercialização de produtos acabados que contenham “benzeno” em sua composição

- Resolução Normativa ANEEL N.º 1.000, de 07/12/2021, Estabelece as Regras de Prestação do Serviço Público de Distribuição de Energia Elétrica
- Resolução Normativa ANP N.º 900, de 18/11/2022, Dispõe sobre as especificações dos óleos minerais isolantes tipo A e tipo B, de origem nacional ou importada, comercializados no território nacional
- Resolução Normativa CONAMA N.º 1, de 23/01/1986, Dispõe sobre os critérios básicos e diretrizes gerais para o Relatório de Impacto Ambiental - RIMA
- Resolução Normativa CONAMA N.º 9, de 31/08/1993 - Óleos lubrificantes e resíduos
- Resolução Normativa CONAMA N.º 23, de 12/12/1996, Controle de movimentos transfronteiriços de resíduos perigosos e seu depósito
- Resolução Normativa CONAMA N.º 237, de 19/12/1997, Regulamenta os aspectos de licenciamento ambiental estabelecidos na Política Nacional do Meio Ambiente
- Resolução Normativa CONAMA N.º 362, de 23/06/2005, Óleos lubrificantes e resíduos
- Norma Regulamentadora N.º 10 (NR-10), Segurança em instalações e serviços em eletricidade
- Norma Regulamentadora N.º 17 (NR-17), Ergonomia

## 4.2 Norma técnica brasileira

- ABNT IEC TR 62039, Guia de seleção de materiais poliméricos para uso externo sob alta-tensão
- ABNT IEC TS 60815-1, Seleção e dimensionamento de isoladores para alta-tensão para uso sob condições de poluição - Parte 1: Definições informações e princípios gerais

- 
- ABNT IEC TS 62073, Guia da medição da hidrofobicidade nas superfícies de isoladores
  - ABNT NBR 5034, Buchas para tensões alternadas superiores a 1 kV
  - ABNT NBR 5370, Conectores de cobre para condutores elétricos em sistemas de potência
  - ABNT NBR 5456, Eletricidade geral - Terminologia
  - ABNT NBR 5460, Sistemas elétricos de potência
  - ABNT NBR 5601, Aços inoxidáveis - Classificação por composição química
  - ABNT NBR 6234, Óleo mineral isolante - Determinação da tensão interfacial de óleo-água pelo método do anel - Método de ensaio
  - ABNT NBR 6869, Líquidos isolantes elétricos - Determinação da rigidez dielétrica (eletrodos de disco)
  - ABNT NBR 7348, Pintura industrial - Preparação de superfície de aço com jateamento abrasivo ou hidrojateamento
  - ABNT NBR 8840, Amostragem de líquidos isolantes - Requisitos
  - ABNT NBR 10443, Tintas e vernizes - Determinação da espessura da película seca sobre superfícies rugosas - Método de ensaio
  - ABNT NBR 10710, Líquido isolante elétrico - Determinação do teor de água
  - ABNT NBR 11003, Tintas - Determinação da aderência
  - ABNT NBR 11341, Derivados de petróleo - Determinação dos pontos de fulgor e de combustão em vaso aberto Cleveland
  - ABNT NBR 12133, Líquidos isolantes elétricos - Determinação do fator de perdas dielétricas e da permissividade relativa (constante dielétrica) - Método de ensaio

- ABNT NBR 12479, Capacitores de potência em derivação, para sistema de tensão nominal acima de 1000 V - Características elétricas e construtivas - Padronização
- ABNT NBR 13231, Proteção contra incêndio em subestações elétricas
- ABNT NBR 13882, Líquidos isolantes elétricos - Determinação do teor de bifenilas policloradas (PCB)
- ABNT NBR 14248, Produtos de petróleo - Determinação do número de acidez e de basicidade - Método do indicador
- ABNT NBR 14274, Óleo mineral isolante - Determinação da compatibilidade de materiais empregados em equipamentos elétricos
- ABNT NBR 14483, Produtos de petróleo - Determinação da cor - Método do colorímetro ASTM
- ABNT NBR 14842, Soldagem - Critérios para a qualificação e certificação de inspetores para o setor de petróleo e gás, petroquímico, fertilizantes, naval e termogeração (exceto nuclear)
- ABNT NBR 15158, Limpeza de superfícies de aço por produtos químicos
- ABNT NBR 15422, Óleo vegetal isolante para 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 60156, Líquidos isolantes - Determinação da rigidez dielétrica à frequência industrial - Método de ensaio

### 4.3 Norma técnica internacional

- ASTM A240/A240M, Standard specification for chromium and chromium-nickel stainless steel plate, sheet, and strip for pressure vessels and for general applications

- 
- ASTM B545, Standard specification for electrodeposited coatings of tin
  - ASTM B700, Standard specification for electrodeposited coatings of silver for engineering use
  - ASTM D92, Standard test method for flash and fire points by cleveland open cup tester
  - ASTM 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 D1500, Standard test method for ASTM color of petroleum products (ASTM color scale)
  - ASTM D1533, Standard test method for water in insulating liquids by coulometric karl fischer titration
  - ASTM D3359, Standard test methods for rating adhesion by tape test
  - ASTM D4059, Standard test method for analysis of polychlorinated biphenyls in insulating liquids by gas chromatography
  - ASTM D6871, Standard specification for natural (vegetable oil) ester fluids used in electrical apparatus
  - AWS B3.0, Welding procedure and performance qualification
  - AWS D1.1/D1.1M, Structural welding code - Steel

- 
- IEC 60060-1, High-voltage test techniques - Part 1: General definitions and test requirements
  - IEC 60137, Insulated bushings for alternating voltages above 1000 V
  - IEC 60156, Insulating liquids - Determination of the breakdown voltage at power frequency - Test method
  - IEC 60247, Insulating liquids - Measurement of relative permittivity, dielectric dissipation factor (tan d) and d.c. resistivity
  - IEC 60475, Method of sampling insulating liquids
  - IEC 60721-1, Classification of environmental conditions - Part 1: Environmental parameters and their severities
  - IEC 60721-2-1, Classification of environmental conditions - Part 2-1: Environmental conditions appearing in nature - Temperature and humidity
  - IEC 60721-2-2, Classification of environmental conditions - Part 2-2: Environmental conditions appearing in nature - Precipitation and wind
  - IEC 60721-2-4, Classification of environmental conditions - Part 2-4: Environmental conditions appearing in nature - Solar radiation and temperature
  - IEC 61619, Insulating liquids - Contamination by polychlorinated biphenyls (PCBs) - Method of determination by capillary column gas chromatography
  - IEC TR 62039, Selection guidelines for polymeric materials for outdoor use under HV stress
  - IEC TS 60815-1, Selection and dimensioning of high-voltage insulators intended for use in polluted conditions - Part 1: Definitions, information and general principles

- 
- IEC TS 60871-2, Shunt capacitors for a.c. power systems having a rated voltage above 1 000 V - Part 2: Endurance testing
  - IEC TS 62073, Guidance on the measurement of hydrophobicity of insulator surfaces
  - IEEE 957, IEEE Guide for cleaning insulators
  - IEEE 979, IEEE Guide for substation fire protection
  - IEEE C57.100, IEEE Standard for test procedure for thermal evaluation of insulation systems for liquid-immersed distribution, power, and regulating transformers
  - ISO 2093, Electroplated coatings of tin - Specification and test methods
  - ISO 2409, Paints and varnishes - Cross-cut test
  - ISO 2592, Petroleum and related products - Determination of flash and fire points - Cleveland open cup method
  - ISO 2859, Sampling procedures for inspection by attributes
  - ISO 4521, Metallic and other inorganic coatings - Electrodeposited silver and silver alloy coatings for engineering purposes - Specification and test methods
  - ISO 6618, Petroleum products and lubricants - Determination of acid or base number - Colour-indicator titration method
  - ISO 8501-1, Preparation of steel substrates before application of paints and related products - Visual assessment of surface cleanliness - Part 1: Rust grades and preparation grades of uncoated steel substrates and of steel substrates after overall removal of previous coatings
  - ISO 8501-4, Preparation of steel substrates before application of paints and related products - Visual assessment of surface cleanliness - Part 4: Initial



surface conditions, preparation grades and flash rust grades in connection with water jetting

- ISO 12937, Petroleum products - Determination of water - Coulometric Karl Fischer titration method
- ISO 15510, Stainless steels - Chemical composition
- ISO 19840, Paints and varnishes - Corrosion protection of steel structures by protective paint systems
- SSPC-SP 1, Solvent cleaning

#### 4.4 Norma técnica do grupo Energisa

- ETU-127, Elo fusível de distribuição
- ETU-189.1, Óleos minerais isolantes (OMI)
- ETU-189.2, Óleos vegetais isolantes (OVI)
- ETU-197.5, Capa protetora de terminal primário para capacitor de distribuição até 36,2 kV
- NDU-027, Critérios para utilização de equipamentos e materiais em área de corrosão atmosférica

#### NOTAS:

- II. Todas as normas nacionais e internacionais (ABNT, IEEE, IEC, ANSI, ASTM etc.) mencionadas acima devem estar à disposição do inspetor da Energisa no local da inspeção;
- III. Todos os materiais que não são especificamente mencionados nesta Especificação Técnica, mas que são usuais ou necessários para a operação eficiente do equipamento, considerar-se-ão como aqui incluídos e devem ser fornecidos pelo fabricante sem ônus adicional;



IV. A utilização de normas de quaisquer outras organizações credenciadas será permitida, desde que elas assegurem uma qualidade igual, ou melhor, que as anteriormente mencionadas e não contradigam a presente Especificação Técnica;

V. As siglas acima referem-se a:

- ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica
- CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente
- IBAMA - Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis
- INMETRO - Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia
- MS - Ministro da Saúde
- MTE - Ministro de Estado do Trabalho e Emprego
- ETU - Especificação Técnica Unificada (grupo Energisa)
- NDU - Norma Técnica Unificada (grupo Energisa)
- ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas
- NBR - Norma Brasileira
- NM - Norma Mercosul
- ASTM - American Society for Testing and Materials
- AWS - American Welding Society
- IACS - International Annealed Copper Standard
- IEC - International Electrotechnical Commission
- IEEE - Institute of Electrical and Eletronics Engineers

- ISO - International Standardization Organization

## 5 TERMINOLOGIA E DEFINIÇÕES

A terminologia adotada nesta Especificação Técnica corresponde a das normas ABNT NBR 5456, ABNT NBR 5460 e ABNT NBR 5282, complementadas pelos seguintes termos:

### 5.1 Unidade capacitiva (UCAP)

Conjunto de um ou mais elementos capacitivos montados numa só tanque, com terminais acessíveis.

### 5.2 Banco de capacitores (BC)

Conjunto de capacitores de potência, estruturas de suporte e os necessários dispositivos de manobra, controle e proteção, montados de modo a constituir um equipamento completo.

### 5.3 Bucha

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

#### NOTA:

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

### 5.4 Corrosividade atmosférica

Capacidade da atmosfera de causar corrosão em um determinado metal ou liga metálica.

### 5.5 Corrosão atmosférica



É o desgaste ou modificação química e estrutural do metal ou liga metálica, devido à ação química ou eletroquímica de agentes do meio ambiente.

## 5.6 Dispositivo de descarga

Um dispositivo interno ou externo permanentemente conectado em paralelo com os terminais de um capacitor com a finalidade de reduzir a carga aprisionada após o banco de capacitores ser desconectado do sistema de potência energizado.

## 5.7 Frequência nominal ( $f_n$ )

Frequência para a qual o capacitor é projetado.

## 5.8 Óleo mineral isolante (OMI)

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

## 5.9 Óleo vegetal isolante (OVI)

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

Também conhecido como éster natural isolante.

## 5.10 Potência nominal

Potência reativa sob tensão e frequência nominal, para a qual o capacitor é projetado.

## 5.11 Redes e linhas de distribuição

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

## 5.12 Subestação de distribuição (SED)

Parte do sistema de potência que compreende os dispositivos de manobra, controle, proteção, transformação e demais equipamentos, condutores e acessórios, abrangendo as obras civis e estruturas de montagem, que conecta o sistema de distribuição de alta tensão (SDAT) ao sistema de distribuição de média tensão (SDMT), contendo transformadores de força.

## 5.13 Tensão nominal ( $U_n$ )

Valor eficaz da tensão senoidal para a qual o capacitor é projetado.

## 5.14 Tensão máxima permissível

Valor máximo eficaz da tensão alternada que o capacitor pode suportar por um determinado tempo, em condições específicas.

## 5.15 Terminais de linha

Terminais destinados a serem ligados às fases do circuito externo.

## 5.16 Ensaios de recebimento

Os ensaios de recebimento têm como objetivo verificar as características de um material que podem variar com o processo de fabricação e com a qualidade do material componente.

Esses ensaios devem ser realizados em uma amostragem de materiais escolhidos aleatoriamente de um lote que tenha sido previamente submetido aos ensaios de rotina.

## 5.17 Ensaios de tipo

Os ensaios de tipo têm como objetivo verificar as principais características de um material que dependem do seu projeto.



Esses ensaios devem ser realizados apenas uma vez para cada projeto e repetidos quando houver alteração no material, no projeto ou no processo de fabricação, ou quando solicitado pelo comprador.

## 5.18 Ensaios especiais

Os ensaios especiais têm como objetivo avaliar materiais com suspeita de defeitos e são realizados quando há abertura de não-conformidade. Eles são executados em unidades recolhidas em cada unidade de negócio.

Este tipo de ensaio é executado e custeado pela Energisa.

## 6 HOMOLOGAÇÃO DE FORNECEDORES

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

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

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

## 7 CONDIÇÕES GERAIS

### 7.1 Condições do serviço

As unidades capacitivas tratados nesta Especificação Técnica devem ser adequados para operar nas seguintes condições:

- a) Altitude não superior a 1.500 metros acima do nível do mar;
- b) Temperatura, conforme IEC 60721-2-1:
  - Máxima do ar ambiente: 45 °C;

- Média, em um período de 24 horas: 35 °C;
  - Mínima do ar ambiente: -5 °C;
- c) Pressão máxima do vento: 1.080 Pa (108 daN/m<sup>2</sup>), valor correspondente a uma velocidade do vento de 150 km/h, conforme IEC 60721-2-2;
- d) Umidade relativa do ar até 100 %, conforme IEC 60721-2-1;
- e) Nível de radiação solar: 1,1 kW/m<sup>2</sup>, com alta incidência de raios ultravioleta, conforme IEC 60721-2-4;
- f) Precipitação pluviométrica: média anual de 1.500 a 3.000 milímetros, conforme IEC 60721-2-2;
- g) Classe de severidade de poluição local (SPS): leve e médio, conforme ABNT IEC TS 60815-1 ou IEC TS 60815-1;
- h) Vibrações insignificantes devido a causas externas às unidades capacitivas ou devido a tremores de terra, conforme IEC 60721-1.

## 7.2 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. No caso de equipamentos importados deve ser fornecida uma versão em português e outra no idioma de origem.

### NOTA:

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

### 7.3 Acondicionamento

As unidades capacitivas devem ser acondicionadas em container apropriado (caixa para transporte), não retornáveis, com no máximo 6 (seis) unidades, obedecendo às seguintes condições:

- a) 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 como intempéries, umidade, choques etc., e ao manuseio;
- b) A embalagem deve ser feita de modo que o peso e as dimensões sejam conservados dentro de limites razoáveis a fim de facilitar o manuseio, o armazenamento e o transporte. As embalagens devem ser construídas de modo a possibilitar uso de empilhadeiras e carro hidráulico;
- c) O material em contato com as unidades capacitivas não deverá:
  - Adicionar aderência;
  - Causar contaminação;
  - Provocar corrosão durante o armazenamento;
  - Retenção de umidade.
- d) Além disso, devem ser observadas as demais indicações no protocolo logístico do material, disponível no site da Energisa, através do seguinte link:

<https://www.energisa.com.br/paginas/informacoes/taxas-prazos-e-normas/normas-tecnicas.aspx>

#### NOTAS:

VIII. A embalagem quando confeccionada em madeira, a mesma:

- Devem ter qualidade no mínimo igual à do pinus de segunda e certificada pelo IBAMA;
  - Não devem conter substâncias ou produtos passíveis de agredir o meio ambiente quando do descarte ou reaproveitamento dessas embalagens.
- IX. A embalagem deve ser elaborada com material reciclável. Não serão aceitas embalagens elaboradas com poliestireno expandido, popularmente conhecido como “isopor”.

## 7.4 Meio ambiente

O fornecedor nacional deve cumprir, rigorosamente, em todas as etapas da fabricação, do transporte e do recebimento das unidades capacitivas, 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 das unidades capacitivas, 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.

Não é permitido o uso de amianto ou asbesto, bifenilas policloradas (PCB), poluentes orgânicos persistentes (POPs) conforme o Decreto Legislativo Nº 204 de 2004, e



benzeno conforme a Portaria Interministerial MTE/MS nº 775 de 28/04/2004, na fabricação de quaisquer materiais ou equipamentos a serem adquiridos pela Energisa. As substâncias consideradas perigosas não podem ser utilizadas em concentrações acima do recomendado, de acordo com a diretiva 2011/65/EU para RoHS (Restrição de Substâncias Perigosas) e WEEE (Resíduos de Equipamentos Elétricos e Eletrônicos).

Os processos produtivos que geram efluentes líquidos industriais ou emissões atmosféricas e radioativas devem estar em conformidade com os padrões normativos previstos na legislação ambiental aplicável.

Quando o fornecedor utilizar madeira em suas embalagens, o mesmo deverá apresentar as informações referente ao tipo de madeira utilizada nas embalagens, seu respectivo tratamento preservativo e os efeitos desses componentes no ambiente, quando de sua disposição final (descarte).

## 7.5 Expectativa de vida útil

As unidades capacitivas devem ter uma expectativa de vida útil mínima de 15 (quinze) anos a partir da data de fabricação, contra qualquer falha das unidades do lote fornecidas, baseada nos seguintes termos e condições:

- Não são admitidas falhas decorrentes do processo fabril nos primeiros 10 (dez) anos de vida útil;
- A partir do 11º ano, é admitida uma taxa de 0,1 % de falhas para cada período de 1 (um) ano, acumulando-se no máximo 0,5 % de falhas no final do período de vida útil.

### NOTA:

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

## 7.6 Garantia



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

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

## 7.7 Incorporação ao patrimônio da Energisa

Somente serão aceitas unidades capacitivas em obras particulares para incorporação ao patrimônio da Energisa que atendam às seguintes condições:

- a) Devem ser provenientes de fabricantes cadastrados e homologados pela Energisa;
- b) Devem ser novos, com um período máximo de 24 (vinte e quatro) meses a partir da data de fabricação. Não serão aceitos, em hipótese alguma, materiais usados e/ou recuperados;
- c) Deve ser fornecida a (s) nota (s) fiscal (is), bem como os relatórios de ensaios de fábrica, comprovando sua aprovação nos ensaios de rotina e/ou recebimento conforme previsto nesta Especificação Técnica.

### NOTAS:

- XI. A critério da Energisa, as unidades capacitivas poderão ser ensaiadas em laboratório próprio ou em laboratório credenciado, para comprovação dos resultados dos ensaios de acordo com os valores exigidos nesta Especificação Técnica;
- XII. A relação dos fabricantes homologados de unidades capacitivas pode ser consultada no site da Energisa, através do link abaixo:

## 7.8 Manual de instruções

As unidades capacitivas devem estar acompanhadas, quando for o caso, de manuais de operação, escritos em português, que forneçam todas as informações necessárias ao seu manuseio.

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

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

## 7.9 Avaliação técnica do material

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

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

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

- a) Tipo e código do fabricante;

- 
- b) Desenhos do banco de capacitores com o arranjo geral dos equipamentos, com as vistas e cortes necessários à sua perfeita compreensão, mostrando a localização dos componentes, acessórios e suas dimensões;
- c) Desenhos e especificação detalhada, características técnicas e relação de todos os equipamentos e acessórios que compõem o banco de capacitores.
- d) Placas de identificação;
- e) Dimensões e tipos de chapas;
- f) Terminais e conectores;
- g) Buchas;
- h) Manual de manutenção e operação;
- i) Tipo, código comercial e volume do líquido isolante;
- j) Massa do equipamento;
- k) Embalagem;
- Dimensões e Massa;
  - Detalhes para içamento;
  - Tipo de madeira e tratamento utilizado, quando utilizável;
  - Localização do centro de gravidade;
  - Detalhes de fixação dos componentes dentro das embalagens.
- l) Cópia dos manuais de instrução, cobrindo instalação e manutenção do equipamento.

Quando as unidades capacitivas propostas apresentarem divergências em relação a esta especificação técnica, o fornecedor deverá submeter os desvios à prévia aprovação junto à área de engenharia e cadastro, através do Anexo 2.

## NOTAS:

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

### 7.10 Etiqueta autoadesiva

As unidades capacitivas deverão utilizar óleo mineral isolante, isento de PCB para seu preenchimento, utilizando para identificação etiqueta autoadesiva conforme Desenho 2.

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

## 8 CARACTERÍSTICAS ELÉTRICAS

As unidades capacitivas devem ser classificadas em categorias de temperatura de 55 °C (símbolo D).

- Suportar lavagens sob pressão em linhas de distribuição energizadas, conforme IEEE 957.

### 8.1 Potência nominal (S)

As potências nominais padronizadas para unidades capacitivas em regime contínuo, em quilovolts-ampère reativo (kVAr), estão estabelecidas na Tabela 1, e devem operar, satisfatoriamente, até 135 % da potência nominal de operação. Esta potência reativa máxima resultará de:

- 
- a) o kVAr devido ao excesso de tensão acima do classificado como nominal, para uma frequência nominal, mas dentro da limitação de que a máxima tensão de operação dos capacitores será de 110 % da tensão nominal de operação;
  - b) o kVAr devido a outras frequências maiores que a nominal ou a tensões harmônicas que se somam ao kVAr na frequência nominal;
  - c) o kVAr em excesso além do nominal é classificado conforme a tolerância de fabricação.

**NOTA:**

**XV. O limite de 135 % não pode ser excedido se a potência reativa descrita nas alíneas a, b e c está presente simultaneamente.**

## 8.2 Tensões nominais ( $U_r$ )

As unidades capacitivas devem ter tensões nominais compatíveis para a operação nos sistemas com tensão nominal, conforme Tabela 1, em estrela não aterrada, devendo operar em serviço contínuo ou intermitente, sem diminuição de sua vida útil, com até 110 % da tensão nominal.

## 8.3 Nível de isolamento ( $U_d$ )

O nível de isolamento do elemento capacitivo deve ser, pelo menos, igual ao nível de isolamento do sistema ao qual o elemento está ligado e definido conforme os valores estabelecidos na Tabela 1.

## 8.4 Frequência nominal ( $f_r$ )

A frequência nominal das unidades capacitivas deve ser de 60 Hertz (Hz).

## 8.5 Corrente permanente nominal ( $I_r$ )

As unidades capacitivas devem ser capazes de suportar continuamente uma corrente de valor eficaz igual a 1,30 vez a corrente nominal ( $I_n$ ), excluindo os transitórios.

## 8.6 Perdas

As perdas elétricas máximas admitidas são de 0,5 W/kVAr, referidas à tensão e a frequência nominais e temperatura de 20 °C.

## 8.7 Capacitância (F)

A capacitância medida de uma unidade capacitiva não deve apresentar variação superiores à -0 % à + 10 %, medidos a 25 °C, dos valores fornecidos pela fabricante.

## 8.8 Tensão residual

A tensão residual em um capacitor antes da energização não deve exceder 10 % da tensão nominal.

## 8.9 Tensão de rádio-interferência (RIV)

A tensão de rádio-interferência gerada por uma unidade capacitiva não deve exceder a 250 µV, quando exposto a uma frequência de 1,0 MHz.

# 9 CONDIÇÕES ESPECÍFICAS

As unidades capacitivas devem ser monofásicas, sem fusível interno, com dielétrico do tipo “só filme” e adequadas à instalação externa.

### NOTA:

XVI. As unidades capacitivas devem ser fornecidas com:

- Fusíveis externos do tipo expulsão, conforme ETU-127; e
- Capa de proteção do terminal de ligação, conforme ETU-197.5.

As unidades capacitivas devem suportar lavagens sob pressão em linhas de distribuição energizadas, conforme IEEE 957.

## 9.1 Materiais

### 9.1.1 Tanque do equipamento

A unidade capacitiva deve ser projetada e construída para operar selado, devendo suportar variações de pressão interna. O tanque deve ser construído de forma a:

- Ter uma probabilidade de ruptura de no máximo 10 %;
- Possuir todas as soldas feitas de maneira a assegurar a completa fusão com o metal base;
- Evitar acumulação de água em sua superfície.

O tanque da unidade capacitiva deve ser confeccionado em:

- Aço inoxidável AISI 409 ou superior, conforme ABNT NBR 5601 ou ASTM A240/A240M ou ISO 15510;
- Liga de alumínio, resistente à corrosão.

A alça de fixação deve ser adequada para aterramento do tanque.

### 9.1.2 Buchas isolante e terminal de ligação

#### 9.1.2.1 Bucha isolante

Os invólucros isolantes das buchas devem ser absolutamente estanques ao meio isolante, impermeáveis à umidade e inalteráveis com a temperatura de operação e podem ser em:

- a) Porcelana vitrificada, satisfazendo as exigências da ABNT NBR 5034 ou IEC 60137; ou
- b) Material polimérico, como resina epóxi cicloalifática ou borracha de silicone, satisfazendo as exigências da ABNT IEC TR 62039 ou IEC TR 62039, e deve atender aos seguintes requisitos:
  - Ser homogêneo;

- Hidrofóbico, conforme ABNT IEC TS 62073 ou IEC TS 62073;
- Ficar perfeitamente aderente ao núcleo e às ferragens integrantes;
- Ser projetado de forma a evitar a formação de descargas localizadas e a impedir a possibilidade de penetração de umidade, pelas interfaces;
- Ser resistente ao trilhamento e erosão, ao efeito corona e ao ozônio, à degradação física e química pela ação da água, ao rasgo, a ataques químicos, ao intemperismo e raios ultravioleta, à inflamabilidade e ao arco elétrico.

As características compatíveis dos invólucros isolantes devem estar em conformidade com a IEEE 18, utilizando:

- Níveis de isolamento compatível com nível de tensão das unidades capacitivas;
- Distâncias de escoamento mínima de 25 mm/kV.

Os invólucros isolantes das buchas devem ser nas cores:

- Marrom, notação Munsell 5,0 YR 3,0/3,0 ou notação RAL 8016; ou
- Cinza-claro, notação Munsell 5BG 7.0/0.4 ou notação RAL 7047.

**NOTA:**

**XVII. Buchas isolantes com conexões aparafusadas ou grampeadas não são permitidas.**

### 9.1.2.2 Terminal de ligação

As unidades capacitivas devem possuir 1 (um) conector apropriado para ligação de condutores de cobre e/ou alumínio, de diâmetro 3,2 a 9,5 mm (10 a 50 mm<sup>2</sup>), preso por meio de um parafuso de rosca M12 x 1,75 ou M16 x 2,0, e revestido por imersão a quente, com camada mínima em:

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

- Prata: 2,0  $\mu\text{m}$ .

E devem possuir condutividade mínima 25 % IACS a 20 °C, não pode haver soldas ou emendas nos terminais.

### 9.1.3 Elemento capacitivo

A unidade capacitiva individual deve ser feita de filme (polipropileno) e folha de alumínio.

O valor máximo da solicitação no dielétrico do elemento capacitivo seco (antes da impregnação) deve ser conforme:

- a) Capacitor com tecnologia de margem dobrada ou corte a laser: 65,3 kV/mm;
- b) Capacitor com margem convencional: 53 kV/mm.

### 9.1.4 Líquido isolante

O líquido isolante deve ser:

- a) Óleo mineral isolante (OMI): Com especificação mínima conforme Resolução Normativa ANP N.º 900/2022, dos tipos:
  - Tipo “A” (base naftênica);
  - Tipo “B” (base parafínica).
- b) Óleo vegetal isolante (OVI): Com especificação mínima conforme ABNT NBR 15422 ou ASTM D6871, devendo apresentar as seguintes características:
  - Classificado como fluido de alto ponto de combustão (classe K) conforme a ABNT NBR 13231 ou IEEE 979, ou seja, deve apresentar ponto de combustão acima de 300 °C;
  - Provenientes de fontes renováveis, e ensaios específicos devem ser realizados para demonstrar sua fácil biodegradabilidade;

- Resultados de estudos de envelhecimento acelerado através de tubos selados e método de teste Lockie, conforme IEEE C57.100);
- Ter publicado seus fatores de carregamento A e B da equação de Arrhenius para envelhecimento do papel isolante.

### 9.1.5 Partes condutoras

Todas as partes condutoras da unidade capacitiva e dos acessórios devem ser projetadas para conduzir continuamente uma corrente elétrica de valor igual a 1,31 vezes a corrente nominal correspondente, nas condições estabelecidas na ABNT NBR 5282.

### 9.1.6 Terminais de linha

Os terminais devem ser providos de contra porca ou conectores rosqueados em sua parte inferior de forma a minimizar o torque nos conjuntos terminal-bucha e bucha-tanque, apropriados para ligação de condutores de cobre ou alumínio, com seção transversal mínima entre 10 e 70 mm<sup>2</sup>, conforme Desenho 1, preso por meio de um parafuso de rosca M12 x 1,75 mm, e confeccionados em liga de cobre ou cobre eletrolítico, possuir condutividade mínima 25 % IACS a 20 °C, e ser revestido por imersão a quente, com camada mínima de:

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

## 9.2 Característica dimensional

Os materiais devem possuir formato e dimensões, conforme Desenho 1. As alças de fixação devem ser adequadas para aterramento do tanque.

As unidades capacitivas monofásicos devem ter 2 (duas) buchas isolantes, simetricamente dispostas em relação ao eixo da face superior da caixa e montadas na posição vertical, e possuir terminal de ligação conforme especificado no item 9.1.2.2 e o tanque deve ter um ponto de conexão adequado com outro terminal.

As buchas devem ser fixadas por meio de solda diretamente a caixa. Buchas aparafusadas ou grampeadas não serão aceitas.

As dimensões são dadas em milímetros (mm) e indicadas nos respectivos desenhos. Nos casos omissos a Energisa deverá ser consultada.

**NOTA:**

**XVIII. O fabricante deve declarar no momento da avaliação técnica do material (AVT) as dimensões máximas de expansão térmicas unilaterais e totais.**

### 9.3 Placa de identificação

Toda unidade capacitiva deve ser provida de placa de identificação metálica, a prova de tempo, em posição visível, e ser confeccionada em:

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

A fixação da placa de identificação deve ser por intermédio de rebites de material resistente à corrosão, em suporte com base que impeça a sua deformação.

A placa de identificação deve conter, no mínimo, as informações listadas a seguir, que devem ser gravadas de forma legível e indelével:

- a) Nome ou marca do fabricante;
- b) A inscrição: “CAPACITOR DE POTÊNCIA EM DERIVAÇÃO”;
- c) Tipo do capacitor;
- d) Número de série;
- e) Data da fabricação (MM/AAAA);
- f) Categoria de temperatura;
- g) Potência nominal, em quilovolt-ampère-reativo (kVAr);

- h) Tensão nominal, em volts (V) ou quilovolts (kV);
- i) Nível de isolamento, em quilovolts (kV);
- j) Frequência nominal, em hertz (Hz);
- k) Capacitância medida (C) em  $\mu\text{F}$  ou relação  $C/C_n$  (onde  $C_n$  é a capacitância nominal);
- l) Nome químico ou comercial do impregnante, seguido da palavra Biodegradável;
- m) ABNT NBR 5282 / IEC 60871-1 / IEEE 18;
- n) Massa, em quilograma (kg);
- o) Número do pedido de compra;
- p) Constar informação: “Produto isento de PCB”.

**NOTA:**

**XIX.** Para a alínea h), todos os equipamentos devem ser identificados pelos níveis de tensão padronizados pela ANEEL, ou seja, 6,582 kV, 7,967 kV, 12,702 kV e 19,919 kV.

#### 9.4 Requisitos de segurança para dispositivo de descarga

Os capacitores devem ser equipados internamente com dispositivo de descarga, capaz de reduzir a tensão residual para 75 V (volts) ou menos, em 10 (dez) minutos no máximo após seu desligamento.

O fabricante deverá anexar à proposta a curva de descarga do capacitor (tempo e tensão residual).

#### 9.5 Soldas

As soldas executadas na confecção do tanque devem ser executadas de modo contínuo e do lado externo, de modo a garantir a estanqueidade e as características mecânicas para transporte e operação e seguir as recomendações da AWS D1.1/D1.1M.

As soldas devem ser isentas de porosidade, rachaduras e devem assegurar boa penetração e cobertura nas junções.

As soldas devem ser feitas por soldadores qualificados e aprovados por entidades oficiais em testes de qualificação, conforme ABNT NBR 14842 e AWS B3.0, às expensas do fornecedor.

**NOTA:**

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

## 10 PINTURA

A agressividade do meio ambiente está relacionada às ações físicas e químicas que atuam sobre as estruturas de metálicas e/ou pintura, independentemente das ações mecânicas, das variações volumétricas de origem térmica, da retração hidráulica e outras previstas no dimensionamento das estruturas.

Quanto a condições ambientais, a pintura dos transformadores de distribuição serão divididas em 2 (duas) áreas de corrosividade de atmosferas:

- Classe II (2): fora da área de alcance; e
- Classe IV (4): dentro da área de alcance.

**NOTA:**

XXI. São considerados áreas de ambiente agressivos, as áreas litorâneas de Sergipe e Paraíba, conforme NDU-027.

### 10.1 Condições gerais



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

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

#### NOTAS:

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

## 10.2 Acabamento externo

No acabamento externo do tanque das unidades capacitivas devem ser observados os seguintes requisitos:

- a) As impurezas devem ser removidas por processo químico, conforme ABNT NBR 15158 ou ISO 8501-4, e/ou jateamento abrasivo seco ao metal, padrão visual Sa 2.1/2, conforme ABNT NBR 7348 ou ISO 8501-1, logo após a fabricação do tanque;

- 
- b) Antes do início de qualquer processo de oxidação, deverá ser aplicada tinta de fundo epóxi rica em zinco, curada com poliamida, padrão Petrobras N-1277, com espessura seca entre 80 e 100  $\mu\text{m}$ ;
- c) Em seguida, aplica-se 1ª demão de tinta epóxi poliamida de alta espessura e elevado teor de sólidos, conforme padrão Petrobras N-2628, com espessura seca (demão) mínima de 100  $\mu\text{m}$ ;
- d) Aplica-se 2ª demão de tinta de poliuretano acrílico alifático, conforme padrão Petrobras N-2677, com espessura seca (demão) mínimo de 45  $\mu\text{m}$ ;
- e) Por fim, aplica-se 3ª demão de tinta de poliuretano acrílico alifático, conforme padrão Petrobras N-2677, na cor cinza-claro, notação Munsell N 6.5, perfazendo uma espessura mínima de 45  $\mu\text{m}$ .
- f) Espessura seca total mínima de 270  $\mu\text{m}$ .

## 11 INSPEÇÃO E ENSAIOS

### 11.1 Generalidades

- a) Os materiais devem ser submetidos a inspeção e ensaios em fábrica, de acordo com esta Especificação Técnica e com as normas nacionais e internacionais aplicáveis, na presença de inspetores credenciados pela Energisa, devendo a mesma deve ser comunicada pelo fornecedor das datas em que os lotes estiverem prontos para inspeção final, completos com todos os acessórios, com antecedência de pelo menos:
- 30 (trinta) dias para fornecedor nacional; e
  - 60 (sessenta) dias para fornecedor internacional.
- b) A Energisa reserva-se ao direito de inspecionar e testar os materiais durante o período de fabricação, antes do embarque ou a qualquer tempo em que julgar necessário. O fabricante deverá proporcionar livre acesso do inspetor aos laboratórios e às instalações onde os materiais 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 (PIT), onde devem ser indicados 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 equipamentos, bem como uma descrição sucinta do ensaio (constantes, métodos e instrumentos empregados e os valores esperados).
- d) O fornecedor deverá apresentar juntamente com o pedido de inspeção, a sequência de ensaios finais em fábrica, e o respectivo cronograma dia a dia dos ensaios.
- e) Os certificados de ensaio de tipo, previstos no item 10.2.1, para materiais de características similares ao especificado, porém aplicáveis, que podem ser aceitos desde que realizados em laboratórios reconhecidamente oficiais e com validade máxima de 5 (cinco) anos e que a Energisa considere que tais dados comprovem que os materiais 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) 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.

- 
- g) 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.
- h) Todos os instrumentos e aparelhos de medição, máquinas de ensaios etc., devem ter certificado de aferição emitido por instituições acreditadas pelo INMETRO ou órgão internacional compatível, válidos por um período de 24 (vinte e quatro) meses. Por ocasião da inspeção, devem estar ainda dentro deste período, podendo acarretar desqualificação do laboratório o não cumprimento dessa exigência.
- i) O fabricante deve disponibilizar para o inspetor da Energisa, no local da inspeção, todas as normas técnicas, nacionais e internacionais, em sua versão vigente, que serão utilizadas nos ensaios.
- j) A aceitação dos materiais e/ou a dispensa de execução de qualquer ensaio:
- Não exime o fabricante da responsabilidade de fornecê-lo 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 materiais 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 materiais/equipamentos, o fabricante deverá encaminhar à Energisa, por meio digital, um relatório completo dos ensaios efetuados, devidamente assinada por ele e pelo inspetor credenciado pela Energisa.



Esse relatório deverá conter todas as informações necessárias para o seu completo entendimento, conforme descrito no item 10.4.

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

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

**NOTA:**

XXIV. Os fabricantes estrangeiros devem providenciar intérpretes da língua portuguesa para tratar com os representantes da Energisa, no local de inspeção, em qualquer época.

## 11.2 Relação de ensaios

Todos os ensaios relacionados estão constando na Tabela 3.

### 11.2.1 Ensaios de tipo (T)

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

- a) Ensaio de estabilidade térmica, conforme item 10.3.3;
- b) Ensaio de medição do fator de perdas, conforme item 10.3.4;
- c) Ensaio de medição do fator de perdas à temperatura elevada, conforme item 10.3.5;
- d) Ensaio de tensão suportável nominal entre terminais e tanque, conforme item 10.3.6;
- e) Ensaio de tensão suportável nominal entre terminais, conforme item 10.3.7;
- f) Ensaio de tensão suportável de impulso atmosférico entre terminais e tanque, conforme item 10.3.8;
- g) Ensaio de descarga de curto-circuito, conforme item 10.3.9;
- h) Ensaio de sobretensão, conforme item 10.3.10;

- 
- i) Ensaio físico-químico do líquido isolante:
    - Óleo mineral isolante (OMI): ETU-189.1;
    - Óleo vegetal isolante (OVI): ETU-189.2.

### 11.2.2 Ensaios de recebimento (RE)

Os 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) Ensaio de medição do fator de perdas, conforme item 10.3.4;
- d) Ensaio de tensão suportável nominal entre terminais e tanque, conforme item 10.3.6;
- e) Ensaio de tensão suportável nominal entre terminais, conforme item 10.3.7;
- f) Ensaio de medição da capacitância, conforme item 10.3.11;
- g) Ensaio de medição da resistência ôhmica do dispositivo interno de descarga, conforme item 10.3.12;
- h) Ensaio de estanqueidade, conforme item 10.3.13;
- i) Ensaio de tensão residual, conforme item 10.3.14;
- j) Ensaio físico-químico do líquido isolante, conforme item 10.3.15;
- k) Ensaios na pintura do tanque, conforme item 10.3.16;
- l) Ensaio de medição da espessura do revestimento do terminal de ligação, conforme item 10.3.17.

### 11.2.3 Ensaios especiais (E)

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

- 
- a) Ensaio de estabilidade térmica, conforme item 10.3.3;
  - b) Ensaio de medição do fator de perdas, conforme item 10.3.4;
  - c) Ensaio de medição do fator de perdas à temperatura elevada, conforme item 10.3.5;
  - d) Ensaio de tensão suportável nominal entre terminais e tanque, conforme item 10.3.6;
  - e) Ensaio de tensão suportável nominal entre terminais, conforme item 10.3.7;
  - f) Ensaio de tensão suportável de impulso atmosférico entre terminais e tanque, conforme item 10.3.8;
  - g) Ensaio de descarga de curto-circuito, conforme item 10.3.9;
  - h) Ensaio de sobretensão, conforme item 10.3.10;
  - i) Ensaio de medição da capacitância, conforme item 10.3.11;
  - j) Ensaio de medição da resistência ôhmica do dispositivo interno de descarga, conforme item 10.3.12;
  - k) Ensaio de estanqueidade, conforme item 10.3.13;
  - l) Ensaio de tensão residual, conforme item 10.3.14;
  - m) Ensaio físico-químico do líquido isolante, conforme item 10.3.15;
  - n) Ensaio na pintura do tanque, conforme item 10.3.16;
  - o) Ensaio de medição da espessura do revestimento do terminal de ligação, conforme item 10.3.17;
  - p) Ensaio de resistência, conforme item 10.3.18.

### 11.3 Descrição dos ensaios

### 11.3.1 Inspeção visual

O inspetor deverá efetuar uma inspeção geral, verificando:

- a) Presença de todos os acessórios e opcionais, conforme Ordem de Compra de Materiais (OCM);
- b) Acabamento e marcações, conforme item 10;
- c) Acondicionamento e identificação das embalagens, conforme item 7.3.
- d) Placa de identificação, conforme item 9.3.

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

### 11.3.2 Verificação dimensional

O inspetor deverá efetuar uma verificação dimensional, inspecionando:

- As dimensionais do equipamento, conforme o documento do fabricante, previamente aprovado pela Energisa;
- Todos os acessórios, conforme o documento do fabricante, previamente aprovado pela Energisa;
- Verificação da massa do equipamento, confrontando com a indicação constante da placa de identificação.

Constitui falha, se a amostra apresentar ocorrência de não conformidade desse requisito determinará a sua rejeição.

#### NOTAS:

- XXV. O fabricante deve declarar no momento da avaliação técnica do material (AVT) as dimensões máximas de expansão térmicas unilaterais e totais;

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

### 11.3.3 Ensaio de estabilidade térmica

O ensaio deve ser executado conforme os procedimentos da ABNT NBR 5282 ou IEC 60871-1.

Constitui falha, se a amostra apresentar diferença entre as 2 (duas) medições devem ser menor do que a variação da capacitância devido à ruptura de um elemento ou à operação de um fusível interno.

### 11.3.4 Ensaio de medição do fator de perdas

O ensaio deve ser executado conforme os procedimentos da ABNT NBR 5282 ou IEC 60871-1.

Constitui falha, se a amostra apresentar valores medidos forem superiores aos indicados no item 8.6.

### 11.3.5 Ensaio de medição do fator de perdas à temperatura elevada

O ensaio deve ser executado conforme os procedimentos da ABNT NBR 5282 ou IEC 60871-1.

Constitui falha, se a amostra apresentar valores medidos forem superiores aos indicados no item 8.6.

### 11.3.6 Ensaio de tensão suportável nominal entre terminais e tanque

O ensaio deve ser executado conforme os procedimentos da ABNT NBR IEC 60060-1 ou IEC 60060-1, e estar em conformidade com a ABNT NBR 5282 ou IEC 60871-1.

Constitui falha, se a amostra apresentar ocorrência de:

- Perfuração da isolação; ou
- 3 (três) ou mais descargas externas por polaridades;

- Forma de onda irregulares ou desvios significantes nos registros de tensão.

### 11.3.7 Ensaio de tensão suportável nominal entre terminais

O ensaio deve ser executado conforme os procedimentos da ABNT NBR IEC 60060-1 ou IEC 60060-1, e estar em conformidade com a ABNT NBR 5282 ou IEC 60871-1.

Constitui falha, se a amostra apresentar ocorrência de perfuração da isolação ou descargas disruptivas internas e externas.

### 11.3.8 Ensaio de tensão suportável de impulso atmosférico entre terminais e tanque

O ensaio deve ser executado conforme os procedimentos da ABNT NBR IEC 60060-1 ou IEC 60060-1, e estar em conformidade com a ABNT NBR 5282 ou IEC 60871-1.

Constitui falha, se a amostra apresentar ocorrência de perfuração da isolação ou descargas disruptivas internas e externas.

### 11.3.9 Ensaio de descarga de curto-circuito

O ensaio deve ser executado conforme os procedimentos da ABNT NBR 5282 ou IEC 60871-1.

Constitui falha, se a amostra apresentar diferença entre as 2 (duas) medições superiores à quantidade que corresponde à quebra de um elemento.

### 11.3.10 Ensaio de sobretensão

Este ensaio são aplicáveis somente as unidades capacitivas com potência igual ou superior à 100 kVAr.

O ensaio deve ser executado conforme os procedimentos da ABNT NBR 5282 ou IEC 60871-1.

Constitui falha, se a amostra apresentar ocorrência de quaisquer tipos de falhas, durante as medições de capacitância.

### 11.3.11 Ensaio de medição da capacitância

O ensaio deve ser executado conforme os procedimentos da ABNT NBR 5282 ou IEC 60871-1.

Constitui falha, se a amostra apresentar ocorrência de desvio de valores nominais de:

- Inferiores à: 5,0 %;
- Superiores à: 10 %.

### 11.3.12 Ensaio de medição da resistência ôhmica do dispositivo interno de descarga

O ensaio deve ser executado conforme os procedimentos da ABNT NBR 5282 ou IEC 60871-1.

Constitui falha, se a amostra apresentar valores medidos forem superiores aos indicados no item 9.1.6.

### 11.3.13 Ensaio de estanqueidade

O ensaio deve ser executado conforme os procedimentos da ABNT NBR 5282 ou IEC 60871-1.

Constitui falha, se a amostra apresentar ocorrência de vazamento.

### 11.3.14 Ensaio de tensão residual

O ensaio deve ser executado conforme os procedimentos da ABNT NBR 5282 ou IEC 60871-1.

Constitui falha, se a amostra apresentar valores medidos de tensão residual, após 10 (dez) minutos do desligamento, superiores a 75 Volts.

### 11.3.15 Ensaio físico-químico do líquido isolante

### 11.3.15.1 Ensaio de aspecto visual

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

Constitui falha, se a amostra apresentar ocorrência de:

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

### 11.3.15.2 Ensaio de fator de perdas dielétricas ou fator de dissipação

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

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

- Óleo mineral isolante (OMI):
  - 25 °C: 0,05 %;
  - 100 °C: 0,90 %.
- Óleo vegetal isolante (OVI):
  - 25 °C: 0,5 %;
  - 100 °C: 8,0 %.

### 11.3.15.3 Ensaio de índice de neutralização (IAT)

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

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

- Óleo mineral isolante (OMI): 0,03 mgKOH/g;
- Óleo vegetal isolante (OVI): 0,06 mgKOH/g.

#### 11.3.15.4 Ensaio de rigidez dielétrica por eletrodo de disco

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

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

#### NOTA:

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

#### 11.3.15.5 Ensaio de teor de água

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

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

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

#### 11.3.15.6 Ensaio de teor de bifenilas policloradas (PCB)

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

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

### 11.3.15.7 Ensaio de tensão interfacial

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

O ensaio deve ser executado conforme os procedimentos da ABNT NBR 6234 e ASTM D971.

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

### 11.3.15.8 Ensaio de ponto de combustão

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

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

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

## 11.3.16 Ensaios na pintura do tanque

### 11.3.16.1 Ensaio de aderência

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

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

- Método A:  $X_1Y_1$ ; ou
- Método B:  $Gr_1$ .

### 11.3.16.2 Ensaio de espessura de camada de tinta

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



Constitui falha, se a amostra apresentar valores medidos de espessura inferiores aos especificados no item 10.2.

### 11.3.17 Ensaio de medição da espessura do revestimento do terminal de ligação

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

#### 11.3.17.1 Camada de estanho

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

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

- Qualquer amostra: 8,0  $\mu\text{m}$ ;e
- Média das amostras: 12  $\mu\text{m}$ .

#### 11.3.17.2 Camada de prata

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

Constitui falha, se a amostra apresentar valores medidos de espessura inferiores à 2,0  $\mu\text{m}$ .

### 11.3.18 Ensaio de resistência

O ensaio deve ser executado conforme os procedimentos da IEC TS 60871-2.

Constitui falha, se a amostra apresentar ocorrência de falhas prematuras do dielétrico.

## 11.4 Relatório de inspeção

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

- 
- a) Nome do ensaio;
  - b) Nome e/ou marca comercial do fabricante;
  - c) Identificação do laboratório de ensaio;
  - d) Certificados de aferições dos aparelhos utilizados nos ensaios, com validade máxima de 24 (vinte e quatro) meses;
  - e) Número da Ordem de Compra de Material (OCM);
  - f) Tipo e quantidade de material do lote e tipo e quantidade ensaiada;
  - g) Identificação completa do material ensaiado;
  - h) Dia, mês e ano de fabricação (DD/MM/AAAA);
  - i) Relação, descrição e resultado dos ensaios executados e respectivas normas utilizadas;
  - j) Nome do inspetor e do responsável pelos ensaios;
  - k) Instrumentos/equipamentos utilizados nos ensaios;
  - l) Indicação de normas técnicas aplicáveis;
  - m) Memórias de cálculo, com resultados e eventuais observações;
  - n) Condições ambientes do local dos ensaios;
  - o) Data de início e de término de cada ensaio;
  - p) Nomes legíveis e assinaturas dos respectivos representantes do fabricante e do inspetor da Energisa e data de emissão do relatório.

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

## 12 PLANO DE AMOSTRAGEM

## 12.1 Ensaios de tipo e especiais

O plano de amostragem para os ensaios de tipo e especiais deve seguir as orientações da ABNT NBR 5282 ou IEC 60871-1, e demais normas indicadas.

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

## 12.2 Ensaios de recebimento

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

### 12.2.1 Ensaio físico-químico do óleo

O plano de amostragem para os ensaios físico-químico do óleo deve seguir as orientações da ABNT NBR 8840 ou IEC 60475, em função do ensaio a ser realizado.

### 12.2.2 Demais ensaios

O plano de amostragem para os ensaios de recebimento de um lote está estabelecido na Tabela 2 para o produto acabado.

Caso o lote a ser fornecido seja composto por mais de 3.200 unidades, essa quantidade deve ser dividida em vários lotes menores, cada um contendo entre 500 e 1.200 unidades.

## 13 ACEITAÇÃO E REJEIÇÃO

### 13.1 Ensaios de tipo e especiais

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



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

## 13.2 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 1 (uma) unidade falhar no ensaio, o fornecedor deverá apresentar um relatório indicando as causas da falha e as medidas tomadas para corrigi-las. Em seguida, o lote será submetido a um novo ensaio, com o mesmo número de amostras conforme especificado na Tabela 2.
- c) Se 2 (duas) ou mais unidades falharem no ensaio, o lote será recusado.

As unidades defeituosas encontradas em amostras aprovadas nos ensaios devem ser substituídas por novas unidades. O mesmo procedimento se aplica ao total das amostras aprovadas em ensaios destrutivos.

## 14 NOTAS COMPLEMENTARES

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

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

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

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

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

## 15 HISTÓRICO DE VERSÕES DESTE DOCUMENTO

Data	Versão	Descrição das alterações realizadas
17/09/2020	0.0	<ul style="list-style-type: none"><li>• Está 1ª edição cancela e substitui a Especificação Técnica Unificada 106 (ETU-106), no que tange as especificações das unidades capacitivas até 36,2 kV, a qual foi tecnicamente revisada.</li></ul>
01/06/2022	1.0	<ul style="list-style-type: none"><li>• Alteração da nomenclatura para “ETU-157 - Capacitores de potência em derivação até 36,2 kV”;</li><li>• Inclusão dos itens 6.8, 6.9, 8.2, 10.2.3 e 11,3 e dos Anexos 1 e 2;</li><li>• Alteração nos itens 8.3; 9 (total), 10.1 e 13 e da Tabela 3</li></ul>
01/11/2022	1.1	<ul style="list-style-type: none"><li>• Alteração dos itens 8.1.2, 8.1.3, 8.1.5, 8.1.8 e 10.3.2; e Tabelas 2 e 3.</li><li>• Inclusão dos itens 6.10, 10.3.14, 10.3.15, 10.3.16 e 10.3.17.</li></ul>
01/06/2025	2.0	<ul style="list-style-type: none"><li>• Revisão geral;</li><li>• Inclusão dos ensaios internacionais.</li></ul>

## 16 VIGÊNCIA

Esta Especificação Técnica entrará em vigor na data de 01/10/2025 e revogará todas as documentações anteriores do grupo Energisa.

## 17 TABELAS

TABELA 1 - Característica técnica das unidades capacitivas



*Imagem meramente ilustrativa*

Código Energisa	Potência nominal	Potência máxima de funcionamento	Classe de tensão	Tensão nominal		Tensão máxima de funcionamento	Tensão suportável		Perdas máximas
	(kVAr)			Fase-Terra	Fase-Fase		frequência industrial	Impulso atmosférico	
				(kV)	(kV)				
691585	50	144 %	15,0 / 17,5	6,582	11,4	110 %	38	95	0,5
690227	100								
690228	200								
691586	300								
691587	400								

TABELA 1 - Característica técnica das unidades capacitivas - Continuação

Código Energisa	Potência nominal	Potência máxima de funcionamento	Classe de tensão	Tensão nominal		Tensão máxima de funcionamento	Tensão suportável		Perdas máximas
	(kVAr)			Fase-Terra	Fase-Fase		frequência industrial	Impulso atmosférico	
			(kV)	(kV)			(kV)		(W/kVAr)
691588	50	144 %	15,0 / 17,5	7,967	13,8	110 %	38	95	0,5
690229	100								
690230	200								
691589	300								
694113	400								
691590	50	144 %	24,0 / 24,2	12,702	22,0	110 %	50	125	0,5
690223	100								
690224	200								
691591	300								
691592	400								

TABELA 1 - Característica técnica das unidades capacitivas - Continuação

Código Energisa	Potência nominal	Potência máxima de funcionamento	Classe de tensão	Tensão nominal		Tensão máxima de funcionamento	Tensão suportável		Perdas máximas
	(kVAr)			Fase-Terra	Fase-Fase		frequência industrial	Impulso atmosférico	
			(kV)	(kV)					(kV)
691593	50	144 %	36,0 / 36,2	19,919	36,4	110 %	70	145	0,5
690225	100								
690226	200								
691594	300								
691595	400								

NOTA:

- I. Potência máxima de funcionamento deverá ser 144 % da potência nominal, conforme ABNT NBR 5282 ou IEC 60871-1. Tensão máxima de funcionamento deverá ser 110 % da tensão nominal entre terminais, incluindo harmônicos, conforme ABNT NBR 5282 ou IEC 60871-1.

TABELA 2 - Planos de amostragem e critério de aceitação para ensaios de recebimento

Tamanho do lote	<ul style="list-style-type: none"> <li>Inspeção visual;</li> <li>Verificação dimensional.</li> </ul>				<ul style="list-style-type: none"> <li>Estanqueidade</li> <li>Medição da capacitância</li> <li>Medição da resistência ôhmica do dispositivo interno de descarga</li> <li>Medição do fator de perdas</li> <li>Tensão residual</li> <li>Tensão suportável nominal entre terminais</li> <li>Tensão suportável nominal entre terminais e tanque</li> </ul>				<ul style="list-style-type: none"> <li>Aderência da pintura;</li> <li>Espessura da pintura.</li> </ul>		
	Amostragem dupla normal Nível de Inspeção II NQA 4,0 %				Amostragem dupla normal Nível de Inspeção II NQA 1,5 %				Amostragem simples normal Nível de inspeção S3 NQA 6,5 %		
	Amostra		Ac	Re	Amostra		Ac	Re	Tam.	Ac	Re
	Seq.	Tam.			Seq.	Tam.					
2 a 15	-	2	0	1	-	2	0	1	2	0	1
16 a 25	-	3	0	1	-	3	0	1	3	0	1
26 a 50	1 <sup>a</sup>	5	0	2	-	5	0	1	3	0	1
	2 <sup>a</sup>		1	2							
51 a 90	1 <sup>a</sup>	8	0	2	-	8	0	1	5	1	2
	2 <sup>a</sup>		1	2							
91 a 150	1 <sup>a</sup>	13	0	3	1 <sup>a</sup>	13	0	2	5	1	2
	2 <sup>a</sup>		3	4	2 <sup>a</sup>		1	2			

TABELA 2 - Planos de amostragem e critério de aceitação para ensaios de recebimento - Continuação

Tamanho do lote	<ul style="list-style-type: none"> <li>Inspeção visual;</li> <li>Verificação dimensional.</li> </ul>				<ul style="list-style-type: none"> <li>Estanqueidade</li> <li>Medição da capacitância</li> <li>Medição da resistência ôhmica do dispositivo interno de descarga</li> <li>Medição do fator de perdas</li> <li>Tensão residual</li> <li>Tensão suportável nominal entre terminais</li> <li>Tensão suportável nominal entre terminais e tanque</li> </ul>				<ul style="list-style-type: none"> <li>Aderência da pintura;</li> <li>Espessura da pintura.</li> </ul>		
	Amostragem dupla normal Nível de Inspeção II NQA 4,0 %				Amostragem dupla normal Nível de Inspeção II NQA 1,5 %				Amostragem simples normal Nível de inspeção S3 NQA 6,5 %		
	Amostra		Ac	Re	Amostra		Ac	Re	Tam.	Ac	Re
	Seq.	Tam.			Seq.	Tam.					
151 a 280	1 <sup>a</sup>	20	1	4	1 <sup>a</sup>	20	0	2	8	1	2
	2 <sup>a</sup>		4	5	2 <sup>a</sup>		1	2			

Legenda:

Seq. - Sequência das amostras;

Tam. - Tamanho das amostras;

Ac - Número de aceitação;

Re - Número de rejeição.

TABELA 3 - Relação de ensaios

Item	Descrição do ensaio	Tipo do ensaio
11.3.1	Inspeção visual	RE
11.3.2	Verificação dimensional	RE
11.3.3	Ensaio de estabilidade térmica	T / E
11.3.4	Ensaio de medição do fator de perdas	T / RE / E
11.3.5	Ensaio de medição do fator de perdas à temperatura elevada	T / E
11.3.6	Ensaio de tensão suportável nominal entre terminais e tanque	T / RE / E
11.3.7	Ensaio de tensão suportável nominal entre terminais	T / RE / E
11.3.8	Ensaio de tensão suportável de impulso atmosférico entre terminais e tanque	T / E
11.3.9	Ensaio de descarga de curto-circuito	T / E
11.3.10	Ensaio de sobretensão	T / E
11.3.11	Ensaio de medição da capacitância	RE / E
11.3.12	Ensaio de medição da resistência ôhmica do dispositivo interno de descarga	RE / E
11.3.13	Ensaio de estanqueidade	RE / E
11.3.14	Ensaio de tensão residual	RE / E
11.3.15	Ensaio físico-químico do líquido isolante	T / RE / E
11.3.16	Ensaio na pintura do tanque	RE / E
11.3.17	Ensaio de medição da espessura do revestimento do terminal de ligação	RE / E
11.3.18	Ensaio de resistência	E

Legenda:

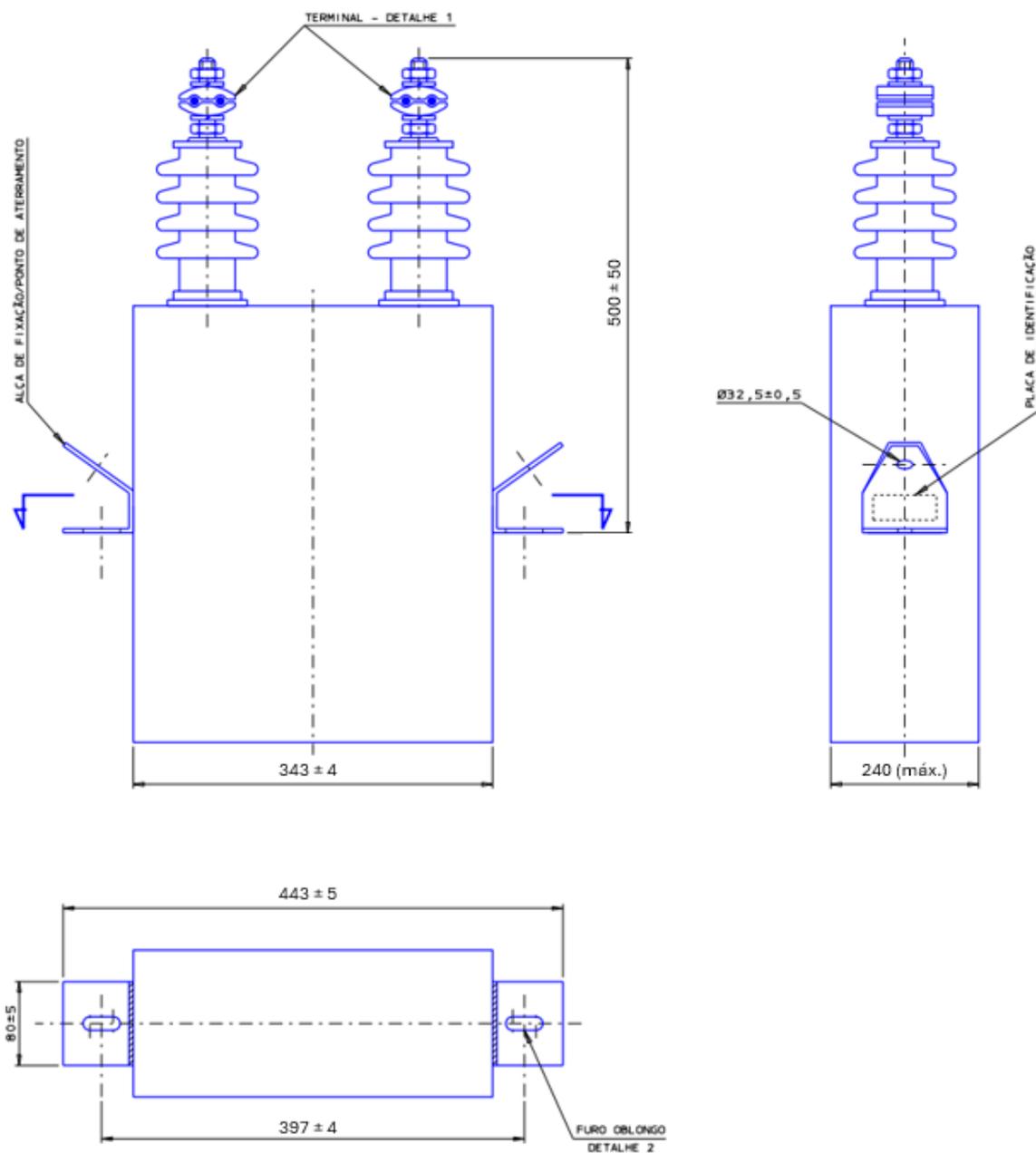
T - Ensaio de tipo;

RE - Ensaio de recebimento;

E - Ensaio especial.

## 18 DESENHOS

DESENHO 1 - Característica dimensional da unidade capacitiva de potência

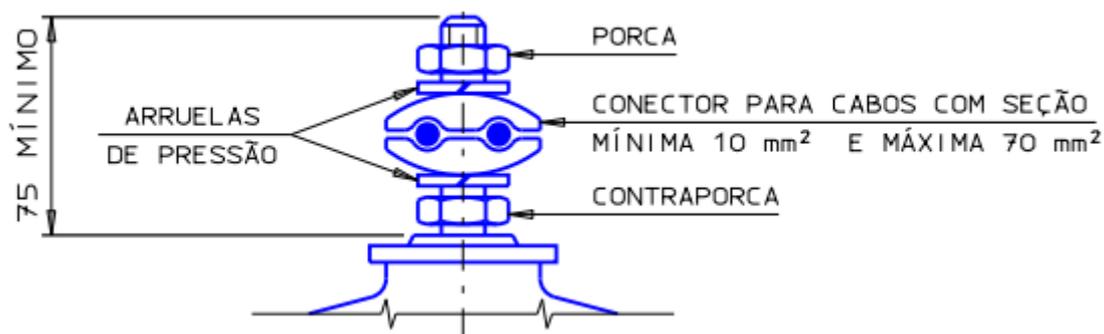


**NOTA:**

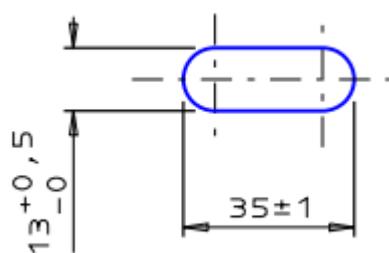
- I. Dimensões em milímetros (mm).

## DESENHO 1 - Característica dimensional da unidade capacitiva de potência - Continuação

### DETALHE 1 - Terminal com contraporca



### DETALHE 2 - Furo oblongo



#### NOTA:

- I. Dimensões em milímetros (mm).

## DESENHO 2 - Etiqueta padrão



### NOTAS:

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

## 19 ANEXOS

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

#### UNIDADES CAPACITIVAS

Nome do fabricante:

Número da licitação:

Número da proposta:

Item	Descrição	Características / Unidades
1	Tipo/modelo:	
2	Código do material:	
2.1	a) Código fabricante:	
2.2	b) Código Energisa:	
3	Características elétricas:	
3.1	a) Potência nominal:	kVAr
3.2	b) Tensão nominal:	V
3.3	c) Frequência nominal:	Hz
3.4	d) Capacitância nominal:	$\mu$ F
3.5	e) Nível de impulso:	kV
3.6	f) Tensão suportável à frequência industrial durante 1 min.:	kV <sub>ef</sub>
3.7	g) Perdas, a 20 °C, nas condições nominais:	W/kVAr
3.8	h) Tensão residual, cinco minutos após o desligamento:	V
3.9	i) Tensão de rádio-interferência (RIV):	$\mu$ V
4	Líquido isolante:	
4.1	a) Tipo:	
4.2	b) Volume:	litros
4.3	c) Massa:	kg
4.4	d) Ponto de fulgor:	°C
4.5	e) Constante dielétrica:	
5	Resistor interno de descarga:	

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

Item	Descrição	Características / Unidades
5.1	a) Valor ôhmico:	$\Omega$
5.2	b) Potência:	W
6	Material dielétrico (filme):	
6.1	a) Espessura total do dielétrico (filme)	$\mu\text{m}$
6.2	b) Constante dielétrica do filme	
6.3	c) Número de folhas de filme por elemento interno	
6.4	d) Fator de espaçamento	%
6.5	e) Área de cada elemento interno	$\text{m}^2$
6.6	f) Solicitação dielétrica	
6.6.1	• Elemento capacitivo seco	kV/mm
6.6.2	• Elemento capacitivo impregnado	kV/mm
7	Tecnologia utilizada para a fabricação do elemento capacitivo:	
7.1	a) Margem convencional sem corte a laser:	
7.2	b) Margem convencional com corte a laser:	
7.3	c) Margem dobrada:	
7.4	d) Outros (informar o tipo de tecnologia utilizada):	
8	Dimensões:	
8.1	a) Tanque:	
8.2	b) Buchas:	
8.3	c) Terminais:	
8.4	d) Alça de instalação:	
8.5	e) Alça de suspensão (quando aplicável):	
8.6	f) Massa total da unidade capacitiva	kg
9	Torque máximo dos terminais da bucha:	N.m
10	Cobertura isolante:	
11	Elo-fusível:	
12	Acondicionamento:	
12.1	a) Tipo de embalagem:	

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

12.2	b) Quantidade por embalagem:	
12.3	c) Peso total da embalagem:	kg

### NOTAS:

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



