

*Reator limitador de corrente para  
banco de capacitor até 145 kV*

ESA | DENG | NRM-433 | 2024

# Especificação Técnica Unificada

ETU - 236

Versão 0.0 - Outubro / 2024



## Apresentação

Nesta Especificação Técnica apresenta as diretrizes necessárias para a padronização das características e requisitos mínimos, mecânicos e elétricos, exigidos para fornecimento de reator série (RAS), monofásico, a seco com núcleo a ar, uso externo, para limitação de corrente de “inrush” na energização de banco de capacitores, com classe de tensão até 145 kV, nas concessionárias de distribuição 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 edição desta Especificação Técnica é a versão 0.0, datada de outubro de 2024.

**Cataguases - MG., Outubro de 2024.**

**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-236

**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)

**Paulo Roberto dos Santos**

Energisa Mato Grosso do Sul (EMS)

**Erika Ferrari Cunha**

Energisa Sergipe (ESE)

**Ricardo Langone Marques**

Dir. Suprimentos Logística

**Fabio Lancelotti**

Energisa Minas Rio (EMR)

**Rodrigo Brandão Fraiha**

Energisa Paraíba (EPB)

**Fabício Sampaio Medeiros**

Energisa Mato Grosso (EMT)

# Sumário

1	OBJETIVO.....	8
2	CAMPO DE APLICAÇÃO.....	8
3	OBRIGAÇÕES E COMPETÊNCIAS.....	8
4	REFERÊNCIAS NORMATIVAS.....	8
4.1	LEGISLAÇÃO E REGULAMENTOS FEDERAIS.....	8
4.2	NORMAS TÉCNICAS BRASILEIRAS.....	10
4.3	NORMAS TÉCNICAS INTERNACIONAIS.....	11
5	TERMINOLOGIA E DEFINIÇÕES.....	13
5.1	REATOR SÉRIE.....	14
5.1.1	Reator de amortecimento.....	14
5.1.2	Reator de núcleo de ar.....	14
5.1.3	Reator limitador de corrente.....	14
5.2	CORRENTE NOMINAL.....	14
5.3	IMPEDÂNCIA NOMINAL.....	14
5.4	TENSÃO NOMINAL.....	15
5.5	TERMINAL DE LINHA.....	15
5.6	ENSAIOS DE RECEBIMENTO.....	15
5.7	ENSAIOS DE TIPO.....	15
5.8	ENSAIOS ESPECIAIS.....	15
6	HOMOLOGAÇÃO DE FORNECEDORES.....	16
7	CONDIÇÕES GERAIS.....	16
7.1	CONDIÇÕES DE SERVIÇO.....	16
7.2	LINGUAGENS E UNIDADES DE MEDIDA.....	17
7.3	ACONDICIONAMENTO.....	17
7.4	MEIO AMBIENTE.....	20
7.5	EXPECTATIVA DE VIDA ÚTIL.....	21
7.6	GARANTIA.....	21
7.7	INCORPORAÇÃO AO PATRIMÔNIO DA ENERGISA.....	22
7.8	MANUAL DE INSTRUÇÕES.....	22
7.9	AVALIAÇÃO TÉCNICA DO MATERIAL.....	23
8	CARACTERÍSTICAS ELÉTRICAS.....	24
8.1	TENSÕES NOMINAIS ( $U_R$ ).....	25
8.2	FREQUÊNCIA NOMINAL ( $F_R$ ).....	25
8.3	CORRENTE PERMANENTE NOMINAL ( $I_R$ ).....	25
8.4	CORRENTE NOMINAL DE CURTO-CIRCUITO TÉRMICA ( $I_{SCR}$ ).....	25

8.5	INDUTÂNCIA NOMINAL ( $L_{SCR}$ ) .....	26
8.6	ELEVAÇÃO DE TEMPERATURA .....	26
8.7	CAPACIDADE DE RESISTIR A CURTOS-CIRCUITOS .....	26
9	CONDIÇÕES ESPECÍFICAS .....	26
9.1	MATERIAL .....	27
9.1.1	Condutor .....	27
9.1.2	Material isolante .....	27
9.1.3	Material aglutinante .....	28
9.1.4	Terminais de linha .....	28
9.1.5	Cruzeta .....	29
9.1.6	Proteção contra entrada de animais .....	29
9.2	CARACTERÍSTICAS DIMENSIONAIS .....	29
9.3	ACABAMENTO E PINTURA .....	29
9.4	PLACA DE IDENTIFICAÇÃO .....	30
10	INSPEÇÃO E ENSAIOS .....	31
10.1	GENERALIDADES .....	31
10.2	RELAÇÃO DE ENSAIOS .....	35
10.2.1	Ensaio de tipo (T) .....	35
10.2.2	Ensaio de recebimento (RE) .....	35
10.2.3	Ensaio especiais (E) .....	36
10.3	DESCRIÇÃO DOS ENSAIOS .....	37
10.3.1	Inspeção geral .....	37
10.3.2	Verificação dimensional .....	37
10.3.3	Ensaio de elevação de temperatura .....	37
10.3.4	Ensaio de tensão suportável de impulso atmosférico .....	38
10.3.5	Ensaio de resistência dos enrolamentos .....	38
10.3.6	Ensaio de medição da impedância na corrente nominal contínua .....	38
10.3.7	Ensaio de medição das perdas na temperatura ambiente .....	38
10.3.8	Ensaio de sobretensão no enrolamento para reatores limitadores de corrente	38
10.3.9	Ensaio de medição da espessura do revestimento do terminal de ligação	39
10.3.9.1	Camada de estanho .....	39
10.3.9.2	Camada de prata .....	39
10.3.10	Ensaio de torque dos parafusos .....	39
10.3.11	Ensaio de curto-circuito .....	40
10.3.12	Ensaio de medição do nível de ruído .....	40
10.3.13	Ensaio de tensão aplicada .....	40
10.3.14	Ensaio de impulso atmosférico simultâneo nos dois terminais double- ended	41
10.3.15	Ensaio de sobretensão sob chuva .....	41

10.3.16	Ensaio de tensão aplicado sob chuva para reatores a seco e montados em isoladores suporte .....	41
10.4	RELATÓRIOS DOS ENSAIOS .....	41
11	PLANOS DE AMOSTRAGEM .....	42
11.1	ENSAIOS DE TIPO E ESPECIAIS .....	42
11.2	ENSAIOS DE RECEBIMENTO .....	43
12	ACEITAÇÃO E REJEIÇÕES .....	43
12.1	ENSAIOS DE TIPO E ESPECIAIS .....	43
12.2	ENSAIOS DE RECEBIMENTO .....	43
13	NOTAS COMPLEMENTARES .....	44
14	HISTÓRICO DE VERSÕES DESTE DOCUMENTO .....	44
15	VIGÊNCIA.....	44
16	TABELAS .....	45
	TABELA 1 - Característica técnica do reator limitador de corrente para banco de capacitores até 36,2 kV .....	45
	TABELA 2 - Característica técnica do reator limitador de corrente para banco de capacitores de 72,5 kV e 145 kV .....	47
	TABELA 3 - Planos de amostragem e critério de aceitação para ensaios de recebimento .....	49
	TABELA 4 - Relação de ensaios .....	50
17	DESENHOS .....	51
	DESENHO 1 - Características dimensional do reator limitador de corrente para banco de capacitores - Modelo .....	51
18	ANEXOS.....	52
	ANEXO 1 - Quadro de dados técnicos e características garantidas .....	52
	ANEXO 2 - Quadro de desvios técnicos e exceções .....	55

# 1 OBJETIVO

Esta Especificação Técnica estabelece os requisitos técnicos mínimos exigíveis, mecânicos e elétricos, para fabricação, ensaios e recebimento de Reator Série (RAS), uso externo, monofásico, a seco com núcleo a ar, para limitação de corrente de “inrush” na energização de banco de capacitores, 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 de potência em subestações de distribuição (SED), em classe de tensão até 145 kV, situado em áreas urbanas e rurais, previstas nas Normas Técnicas vigentes nas Empresas do Grupo Energisa.

# 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 (s) seguinte (s) documento (s):


- ABNT NBR 5356-6, Transformadores de potência - Parte 6: Reatores
- IEC 60076-6, Power transformers - Part 6: Reactors

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

## 4.1 Legislação e regulamentos federais



- 
- 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 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
  - 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 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 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 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 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 237, de 19/12/1997, Regulamenta os aspectos de licenciamento ambiental estabelecidos na Política Nacional do Meio Ambiente
  - Norma Regulamentadora N.º 10 (NR-10), Segurança em instalações e serviços em eletricidade
  - Norma Regulamentadora N.º 17 (NR-17), Ergonomia

## 4.2 Normas técnicas brasileiras

- ABNT IEC TS 60815-1, Seleção e dimensionamento de isoladores para alta-tensão para uso sob condições de poluição - Parte 1: Definições, informações e princípios gerais
- ABNT NBR 5356-1, Transformadores de potência - Parte 1: Generalidades
- ABNT NBR 5356-3, Transformadores de potência - Parte 3: Níveis de isolamento, ensaios dielétricos e espaçamento externo em ar
- ABNT NBR 5356-5, Transformadores de potência - Parte 5: Capacidade de resistir a curtos-circuitos
- 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 7277, Transformadores e reatores - Determinação do nível de ruído
- ABNT NBR 8158, Ferragens eletrotécnicas para redes aéreas de distribuição de energia elétrica - Especificação
- ABNT NBR IEC 60060-1, Técnicas de ensaios elétricos de alta tensão - Parte 1: Definições gerais e requisitos de ensaio
- ABNT NBR IEC 62271-1, Manobra e comando de alta tensão - Parte 1: Especificações comuns para equipamentos de manobra e comando em corrente alternada

#### 4.3 Normas técnicas internacionais

- ASTM B545, Standard specification for electrodeposited coatings of tin
- ASTM B700, Standard specification for electrodeposited coatings of silver for engineering use
- CISPR 16-1-1, Specification for radio disturbance and immunity measuring apparatus and methods - Part 1-1: Radio disturbance and immunity measuring apparatus - Measuring apparatus
- IEC 60060-1, High-voltage test techniques - Part 1: General definitions and test requirements
- IEC 60076-1, Power transformers - Part 1: General
- IEC 60076-3, Power transformers - Part 3: Insulation levels, dielectric tests and external clearances in air
- IEC 60076-5, Power transformers - Part 5: Ability to withstand short circuit
- IEC 60076-10, Power transformers - Part 10: Determination of sound levels

- 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 62271-1, High-voltage switchgear and controlgear - Part 1: Common specifications for alternating current switchgear and controlgear
- IEC TS 60815-1, Selection and dimensioning of high-voltage insulators intended for use in polluted conditions - Part 1: Definitions, information and general principles
- ISO 2093, Electroplated coatings of tin - Specification and test methods
- ISO 4521, Metallic and other inorganic coatings - Electrodeposited silver and silver alloy coatings for engineering purposes - Specification and test methods

#### NOTAS:


- I. 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;
- 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:

- 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
- 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
- ISO - International Organization for Standardization
- NEMA - National Electrical Manufacturers Association

## 5 TERMINOLOGIA E DEFINIÇÕES



A terminologia adotada nesta Especificação Técnica corresponde a das normas ABNT NBR 5370, ABNT NBR 5460 e ABNT NBR 5356-6, complementadas pelos seguintes termos:

## 5.1 Reator série

Reator destinado a ser ligado em série em um sistema de potência, seja para limitação da corrente nos casos de falta no sistema, seja para distribuição de carga em circuitos paralelos.

### 5.1.1 Reator de amortecimento

Reator conectado em série com capacitores de derivação para limitar a corrente transitória de energização (inrush) dos capacitores, limitar a corrente transitória de descarga (outrush) devido a faltas próximas ou manobra de capacitores adjacentes e/ou para evitar possíveis ressonâncias do banco de capacitores com o sistema de potência.

### 5.1.2 Reator de núcleo de ar

Reator projetado sem material ferromagnético dentro ou fora do enrolamento para controle do fluxo magnético (normalmente reatores do tipo seco).


### 5.1.3 Reator limitador de corrente

Reator destinado a ser ligado em série em um sistema de potência para limitação de corrente nos casos de falta.

## 5.2 Corrente nominal

Corrente para a qual um reator série é projetado para funcionamento em regime contínuo.

## 5.3 Impedância nominal



Impedância, expressa em ohms por fase, à frequência nominal, especificada para reator série.

#### 5.4 Tensão nominal

Tensão, à frequência nominal, para a qual um reator de derivação é projetado para funcionamento em regime contínuo.

#### 5.5 Terminal de linha

Terminal destinado à conexão a um condutor de linha de uma rede.

#### 5.6 Ensaios de recebimento

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

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

#### 5.7 Ensaios de tipo

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

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

#### 5.8 Ensaios especiais

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

Este tipo de ensaio é executado e custeado pela Energisa.

## 6 HOMOLOGAÇÃO DE FORNECEDORES

O cadastro comercial, via Web Supply, é uma obrigatoriedade a todos os fornecedores do Grupo Energisa. A manutenção deste cadastro atualizado é de obrigação do fornecedor.

A homologação técnica é conforme os níveis de complexidade das classes de materiais envolvidos conforme pode ser observado em nosso Manual da Qualidade de Fornecedores no link abaixo:

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

## 7 CONDIÇÕES GERAIS

### 7.1 Condições de serviço

Os reatores limitadores de corrente 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 151,2 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 aos reatores limitadores de corrente 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:

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

## 7.3 Acondicionamento

Os reatores limitadores de corrente devem ser acondicionados individualmente, em container (caixa para transporte), não retornáveis, com massa bruta não superior a 100 (cem) quilogramas, 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 (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 os reatores não deverá:
- Aderir a ele;
  - Causar contaminação;
  - Provocar corrosão quando armazenado;
  - Reter umidade.
- d) E demais indicações no protocolo logístico do material, disponível no site da Energisa, através do link:

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

#### NOTAS:

- VI. A embalagem, quando confeccionada em madeira, a mesma deve:
- Ser de boa qualidade, reforçadas, contendo suporte para apoio e marcação dos pontos e sentidos de içamento, isentos de trincas, rachaduras ou qualquer outro tipo de defeito e não apresentar pontas ou cabeças de pregos ou parafusos que possam danificar os transformadores de serviço auxiliar.
  - 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;


VII. A embalagem deve ser elaborada com material reciclável. Não serão aceitas embalagens elaboradas com poliestireno expandido, popularmente conhecido como “isopor”.

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

- a) Nome ou marca Energisa;
- b) Nome ou marca comercial do fabricante;
- c) País de origem;
- d) Mês e ano de fabricação (MM/AAAA);
- e) Tipo, dimensões e número de série da embalagem;
- f) Identificação completa dos reatores (tipo/modelo, quantidade, tensão primária nominal (kV), frequência nominal (Hz) etc.);
- g) Massa líquida, em quilogramas (kg);
- h) Massa bruta, em quilogramas (kg);
- i) ABNT NBR 5356-6 / IEC 60076-6;
- j) Número e quaisquer outras informações especificadas na Ordem de Compra de Material (OCM).

#### NOTAS:

VIII. O fornecedor brasileiro deverá numerar os diversos volumes e anexar à nota fiscal uma relação descritiva (romaneio) do conteúdo de cada volume;

- 
- IX. O fornecedor estrangeiro deverá encaminhar simultaneamente à Energisa e ao despachante indicado, cópias da relação descritiva (romaneio) do conteúdo de cada volume.

## 7.4 Meio ambiente


O fornecedor nacional deve cumprir, rigorosamente, em todas as etapas da fabricação, do transporte e do recebimento dos reatores limitadores de corrente, 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 reatores limitadores de corrente, 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.

O fornecedor deverá apresentar as seguintes informações:

- Tipo de madeira utilizada nas embalagens e respectivo tratamento preservativo empregado e os efeitos desses componentes no ambiente, quando de sua disposição final (descarte);
- As condições para receber de volta os reatores de sua fabricação, ou por ele fornecidas, que estejam fora de condições de uso.

## 7.5 Expectativa de vida útil

Os reatores limitadores de corrente devem ter uma expectativa de vida útil, mínima, de 36 (trinta e seis) 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 30 (trinta) anos de vida útil, provenientes de processo fabril;
- A partir do 31º ano, admite-se 0,1 % de falhas para cada período de 1 (um) anos, acumulando-se, no máximo, 0,6 % de falhas no fim 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 obedecer ao disposto na Ordem de Compra de Materiais (OCM) contra qualquer defeito de fabricação, material e acondicionamento.

Caso os materiais apresentem qualquer tipo de defeito de fabricação, um novo período de garantia deve entrar em vigor para todo 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.

## 7.7 Incorporação ao patrimônio da Energisa

Somente serão aceitos reatores limitadores de corrente, 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 24 (vinte e quatro) meses da data de fabricação, não se admitindo, em hipótese nenhuma, reatores usados e/ou recuperados;
- c) Deverá acompanhar a (s) nota (s) fiscal (is), bem como, os relatórios de ensaios em fábrica, comprovando sua aprovação nos ensaios de rotina e/ou recebimento, previstos nesta Especificação Técnica.

### NOTAS:

- XI. A critério da Energisa, os reatores limitadores de corrente 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;
- XII. A relação dos fabricantes homologados de reatores limitadores de corrente pode ser consultada no site da Energisa, através do link abaixo:

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

## 7.8 Manual de instruções



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

Os manuais 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) Apresentar o quadro de dados técnicos e características garantidas total e corretamente preenchido, conforme apresentado no Anexo 1;
- b) Apresentar desenhos técnicos detalhados;
- c) Apresentar catálogos e outras informações pertinentes.

O fornecedor deve apresentar uma cópia, em português, com medidas no sistema métrico decimal, dos desenhos a seguir relacionados:

- a) Tipo e código do fabricante;
- b) Vistas principais do equipamento, mostrando a localização das peças e acessórios, dimensões e distâncias;
- c) Desenhos detalhados, em planta e cortes, do núcleo-enrolamentos indicando material usado e processos de montagem e de manutenção;

- 
- d) Da placa de identificação;
- e) Dos terminais de ligação, com dimensões, detalhes de montagem e características físicas e dielétricas, indicando fabricante, tipo e designação;
- f) Das alças para suspensão do equipamento, com dimensões e material utilizado;
- g) Desenhos da embalagem para transporte, contendo:
- Dimensões;
  - Massa;
  - Detalhes para içamento;
  - Tipo de madeira e tratamento utilizado, quando aplicável;
  - Localização do centro de gravidade.
- h) Cópia dos manuais de instrução, cobrindo instalação e manutenção do equipamento.

Quando os reatores limitadores de corrente propostos 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.

## 8 CARACTERÍSTICAS ELÉTRICAS



## 8.1 Tensões nominais ( $U_r$ )

As tensões nominais normalizadas dos reatores limitadores de corrente, em quilovolt (kV) eficaz, são as seguintes:

- a) 15,0 kV ou 15,5 kV: para tensão nominal de 11,4 kV e 13,8 kV;
- b) 24,0 kV ou 24,2 kV: para redes de tensão nominal de 22,0 kV;
- c) 36,0 kV ou 36,2 kV: para redes de tensão nominal de 34,5 kV;
- d) 52,0 kV: para redes de tensão nominal de 40,0 kV;
- e) 72,5 kV: para redes de tensão nominal de 69,0 kV;
- f) 94,5 kV: para redes de tensão nominal de 88,0 kV;
- g) 145 kV: para redes de tensão nominal de 138 kV.

O nível de isolamento dos reatores limitadores de corrente deve ser escolhido entre os valores relacionados nas Tabelas 1 e 2.

### NOTA:

XV. Serão aceitos valores de nível de isolamento para as tensões nominais da faixa I, series I e II, conforme ABNT NBR IEC 62271-1 ou IEC 62271-1.

## 8.2 Frequência nominal ( $f_r$ )

A frequência nominal dos reatores limitadores de corrente deve ser de 60 Hertz (Hz).

## 8.3 Corrente permanente nominal ( $I_r$ )

O reator limitador de corrente deve ter corrente permanente nominal mínima conforme as Tabelas 1 e 2.

## 8.4 Corrente nominal de curto-circuito térmica ( $I_{scr}$ )

O reator limitador de corrente deve suportar uma corrente nominal de curto-circuito térmico, por 1,0 (um) segundo, conforme as Tabelas 1 e 2.

### 8.5 Indutância nominal ( $L_{scr}$ )

O reator limitador de corrente deve ter Indutância nominal, à frequência nominal, conforme as Tabelas 1 e 2.

### 8.6 Elevação de temperatura

Os reatores limitadores de corrente devem ser projetados de forma a funcionar em regime contínuo, com corrente nominal circulando, sem que sejam excedidos os limites de elevação de temperatura, conforme ABNT NBR IEC 62271-1 ou IEC 62271-1, sendo que a classe de temperatura mínima dos materiais isolantes para isolação a seco deve ser F (155 °C).

### 8.7 Capacidade de resistir a curtos-circuitos

Os reatores limitadores de corrente devem ser capazes de resistir, sem se danificarem, aos efeitos térmicos e dinâmicos, causados por curto-circuito nos seus terminais secundários, sob as condições da ABNT NBR 5356-5 ou IEC 60076-5, limitados a corrente simétrica ao máximo de 2,5 vezes a corrente nominal do reator.

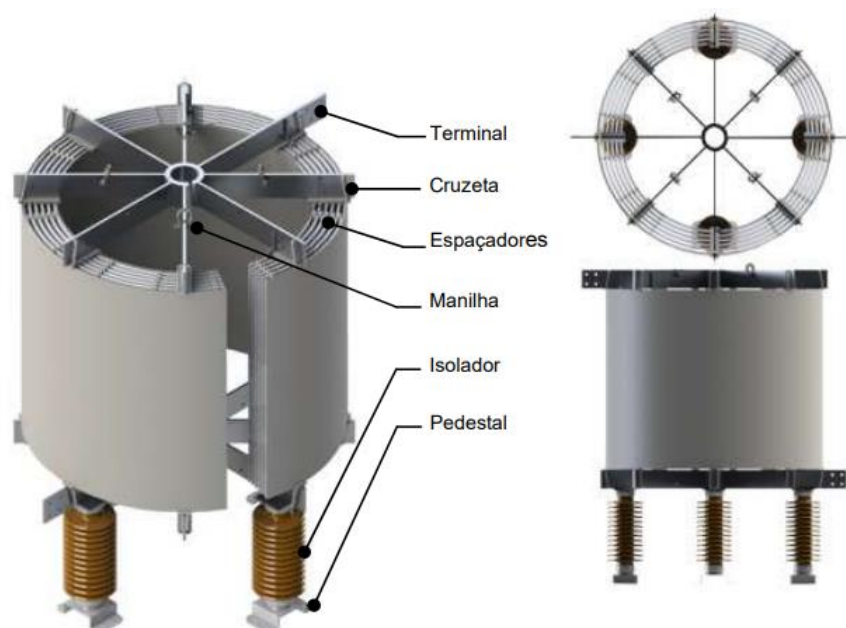
#### NOTA:

- XVI. O fabricante deve enviar, para cada ensaio de curto-circuito, a memória de cálculo referente à máxima temperatura média atingida pelo enrolamento, após curto-circuito nas condições anteriormente estabelecidas.

## 9 CONDIÇÕES ESPECÍFICAS

O reator limitador de corrente deve ser do tipo seco com núcleo a ar, sem invólucro protetor e sistema de resfriamento natural. Considerando que o reator será construído sem blindagens magnéticas, o fabricante deve garantir as distâncias mínimas para outros equipamentos e estruturas metálicas para que estes não sofram aquecimentos indevidos devido ao campo magnético de dispersão do reator.

O reator limitador de corrente deve ser dividido conforme Figura 1.



*Figura 1 - Reator limitador de corrente até 145 kV*

## 9.1 Material

### 9.1.1 Condutor

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

#### NOTA:

XVII. Não serão aceitos condutores confeccionados a partir de materiais provenientes de reciclagem.

### 9.1.2 Material isolante

Os reatores limitadores de corrente devem conter espaçadores em fibra de vidro e Cadarço de fibra de vidro incorporado.

### 9.1.3 Material aglutinante

Deve ser empregado verniz classe térmica “H”, com alto poder de cimentação assegura um ótimo grau de resistência mecânica contra impactos provocados por surtos de corrente e possíveis impactos mecânicos.

### 9.1.4 Terminais de linha

Os terminais de linha devem na forma de barra chata, saída vertical, padrão NEMA 2 (dois) furos e ser confeccionados em:

- Liga de cobre ou cobre eletrolítico, de condutividade mínima de 30 % IACS e teor de zinco inferior a 5,0 %, ou;
- Liga de alumínio com condutividade mínima de 35 % IACS.

Os terminais devem ser revestidos por imersão a quente, em:


- Estanho: Com camada mínima de 8,0  $\mu\text{m}$ ;
- Prata: Com camada mínima de 2,0  $\mu\text{m}$ .

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

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

#### NOTA:

XVIII. Outros tipos de materiais podem ser aceitos pela Energisa, desde que aprovados previamente.



Os terminais de ligação e parafusos sextavados devem suportar, sem avarias na rosca ou ruptura de qualquer parte dos componentes, as torções mínimas indicadas na ABNT NBR 8158.

### 9.1.5 Cruzeta

Quando previsto no projeto, a cruzeta deverá ter de forma construtiva e material conforme descritas pelo fabricante.

### 9.1.6 Proteção contra entrada de animais

O reator limitador de corrente deve ser fornecido com telas de proteção contra entrada de animais. Essas telas devem ser confeccionadas com materiais compatíveis com a aplicação, incluindo durabilidade.

## 9.2 Características dimensionais

Os reatores limitadores de corrente devem possuir formato e dimensões conforme:

- Até 36,2 kV: Desenho 1 e Tabela 1;
- Superior à 36,2 kV: Desenho 1 e Tabela 2.

Os reatores limitadores de corrente devem ser projetados para fixação sobre isolador pedestal. Para tal, o reator deve possuir na base, uma estrutura com furação adequada.


Os terminais de ligação devem estar dispostos em posições diametralmente opostos

#### NOTA:

**XIX. O fornecimento do isolador de pedestal será de responsabilidade do fornecedor.**

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

## 9.3 Acabamento e pintura



A superfície dos reatores limitadores de corrente deve ser isenta de inclusões, trincas, rebarbas, empenamentos, saliências pontiagudas, arestas cortantes, cantos vivos ou outros defeitos.

Os reatores limitadores de corrente devem possuir tratamento e pintura própria para aplicação em uso externo, resistente a intempéries e raios ultravioleta.

O acabamento deve ser na cor cinza claro semibrilho, notação Munsell N6,5.

#### 9.4 Placa de identificação


A placa de identificação deve ser provida de placa de identificação metálica, a prova de tempo, com inscrições em baixo relevo, fixado no equipamento. 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 ser confeccionada em:

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

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


- a) Nome do fabricante e local de fabricação;
- b) Tipo (modelo) do fabricante;
- c) Número de série;
- d) Ano de fabricação;
- e) Norma brasileira e ano de sua edição;
- f) A expressão “REATOR”;
- g) Corrente nominal, em Ampères (A);

- 
- h) Nível de isolamento nominal, em quilovolts (kV);
  - i) Impedância e indutância nominal;
  - j) Tensão de referência, em quilovolts (kV);
  - k) Frequência nominal em Hertz (Hz);
  - l) Corrente de curto-circuito térmica, em quiloampère (kA);
  - m) Duração da corrente de curto-circuito térmica, em segundo (s);
  - n) Corrente de curto-circuito dinâmica, em quiloampère (kA);
  - o) Classe térmica da isolação;
  - p) Massa total do reator, em quilogramas (kg).

## 10 INSPEÇÃO E ENSAIOS

### 10.1 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:**

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

## 10.2 Relação de ensaios

Todos os ensaios relacionados estão constando na Tabela 4.

### 10.2.1 Ensaios de tipo (T)

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

- a) Ensaio de elevação de temperatura, conforme item 10.3.3;
- b) Ensaio de tensão suportável de impulso atmosférico, conforme item 10.3.4.

### 10.2.2 Ensaios de recebimento (RE)

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


- a) Inspeção geral, conforme item 10.3.1;
- b) Verificação dimensional, conforme item 10.3.2;
- c) Ensaio de elevação de temperatura, conforme item 10.3.3;
- d) Ensaio de tensão suportável de impulso atmosférico, conforme item 10.3.4.
- e) Ensaio de resistência dos enrolamentos, conforme item 10.3.5;
- f) Ensaio de medição da impedância na corrente nominal contínua, conforme item 10.3.6;
- g) Ensaio de medição das perdas na temperatura ambiente, conforme item 10.3.7;

- h) Ensaio de sobretensão no enrolamento para reatores limitadores de corrente, conforme item 10.3.8;
- i) Ensaio de medição da espessura do revestimento do terminal de ligação, conforme item 10.3.9;
- j) Ensaio de torque dos parafusos, conforme item 10.3.10.

### 10.2.3 Ensaio especiais (E)

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

- a) Ensaio de elevação de temperatura, conforme item 10.3.3;
- b) Ensaio de tensão suportável de impulso atmosférico, conforme item 10.3.4.
- c) Ensaio de resistência dos enrolamentos, conforme item 10.3.5;
- d) Ensaio de medição da impedância na corrente nominal contínua, conforme item 10.3.6;
- e) Ensaio de medição das perdas na temperatura ambiente, conforme item 10.3.7;
- f) Ensaio de sobretensão no enrolamento para reatores limitadores de corrente, conforme item 10.3.8;
- g) Ensaio de curto-circuito, conforme item 10.3.11;
- h) Ensaio de medição do nível de ruído, conforme item 10.3.12;
- i) Ensaio de tensão aplicada, conforme item 10.3.13;
- j) Ensaio de impulso atmosférico simultâneo nos dois terminais double-ended, conforme item 10.3.14;
- k) Ensaio de sobretensão sob chuva, conforme item 10.3.15;

- 
- l) Ensaio de tensão aplicado sob chuva para reatores a seco e montados em isoladores suporte, conforme item 10.3.16.

## 10.3 Descrição dos ensaios

### 10.3.1 Inspeção geral

O inspetor deverá efetuar uma inspeção geral, verificando:

- a) Acondicionamento, conforme item 7.3;
- b) Acabamento e pintura, conforme item 9.3;
- c) Placa de identificação, conforme item 9.4.

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

### 10.3.2 Verificação dimensional

O inspetor deverá efetuar uma inspeção dimensionais dos reatores limitadores de corrente, conforme:

- Até 36,2 kV: Desenho 1 e Tabela 1;
- Superior à 36,2 kV: Desenho 1 e Tabela 2.

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

### 10.3.3 Ensaio de elevação de temperatura

O ensaio deve ser executado conforme procedimentos da ABNT NBR 5356-11 ou IEC 60076-11 e estar em conformidade com ABNT NBR 5356-6 ou IEC 60076-6.

Constitui falha, se a amostra apresentar valores medidos de elevações de temperatura superiores aos limites especificados no item 8.6.

#### 10.3.4 Ensaio de tensão suportável de impulso atmosférico

O ensaio deve ser executado conforme procedimentos da ABNT NBR IEC 60060-1 ou IEC 60060-1 e estar em conformidade com a ABNT NBR 5356-6 ou IEC 60076-6.

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

#### 10.3.5 Ensaio de resistência dos enrolamentos

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

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

#### 10.3.6 Ensaio de medição da impedância na corrente nominal contínua

O ensaio deve ser executado conforme procedimentos da ABNT NBR 5356-6 ou IEC 60076-6.

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

#### 10.3.7 Ensaio de medição das perdas na temperatura ambiente

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

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

#### 10.3.8 Ensaio de sobretensão no enrolamento para reatores limitadores de corrente

O ensaio deve ser executado conforme procedimentos da ABNT NBR 5356-3 ou IEC 60076-3, e estar em conformidade com a ABNT NBR 5356-6 ou IEC 60076-6.

Constitui falha, se a amostra apresentar ocorrência de:

- a)  $U_m \leq 72,5$  kV: colapso da tensão de ensaio;
- b)  $U_m > 72,5$  kV:
  - Colapso da tensão de ensaio;
  - Valor contínuo de carga aparente em U2 superiores à 300 pC;
  - Nível de descargas parciais mostrar tendência de crescimento contínuo;
  - Nível de carga aparente superior à 100 pC a  $1,1 U_m / \sqrt{3}$ .

### 10.3.9 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.

#### 10.3.9.1 Camada de estanho

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

Constitui falha, se a amostra apresentar ocorrência de não-conformidade aos requisitos estabelecidos no item 9.1.4.


#### 10.3.9.2 Camada de prata

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

Constitui falha, se a amostra apresentar ocorrência de não-conformidade aos requisitos estabelecidos no item 9.1.4.

### 10.3.10 Ensaio de torque dos parafusos

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



O ensaio deve ser executado conforme procedimentos da ABNT NBR 5370, submetidos aos valores especificados na ABNT NBR 8158.

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

**NOTA:**

**XXI. 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.**

### 10.3.11 Ensaio de curto-circuito

O ensaio deve ser executado conforme procedimentos da ABNT NBR 5356-5 ou IEC 60076-5, e estar em conformidade com a ABNT NBR 5356-6 ou IEC 60076-6.

Constitui falha, se a amostra apresentar insuportabilidade aos esforços de curtos-circuitos inferiores aos estabelecidos no item 8.7.

### 10.3.12 Ensaio de medição do nível de ruído

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

Constitui falha, se a amostra apresentar valores medidos de níveis de ruído superiores à 75 decibéis (dB).

### 10.3.13 Ensaio de tensão aplicada

O ensaio deve ser executado conforme procedimentos da ABNT NBR 5356-3 ou IEC 60076-3, e estar em conformidade com a ABNT NBR 5356-6 ou IEC 60076-6.

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



### 10.3.14 Ensaio de impulso atmosférico simultâneo nos dois terminais double-ended

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

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

### 10.3.15 Ensaio de sobretensão sob chuva

O ensaio deve ser executado conforme procedimentos da ABNT NBR IEC 60060-1 ou IEC 60060-1 e estar em conformidade com a ABNT NBR 5356-6 ou IEC 60076-6.

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

### 10.3.16 Ensaio de tensão aplicado sob chuva para reatores a seco e montados em isoladores suporte


O ensaio deve ser executado conforme procedimentos da ABNT NBR IEC 60060-1 ou IEC 60060-1 e estar em conformidade com a ABNT NBR 5356-6 ou IEC 60076-6.

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

## 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 (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.

## 11 PLANOS DE AMOSTRAGEM

### 11.1 Ensaios de tipo e especiais

O plano de amostragem para os ensaios de tipo e especiais deve seguir as orientações da ABNT NBR 5356-6 ou IEC 60076-6 e demais normas indicadas.

Quando não indicada, deverá ser executado em 3 (três) amostras.

## 11.2 Ensaios de recebimento

O plano de amostragem para os ensaios de recebimento de um lote está estabelecido na Tabela 3 para o produto acabado.

Se o lote a ser fornecido for constituído por mais de 5.000 unidades, essa quantidade deve ser dividida em vários lotes com menor número, cada um deles contendo entre 1.200 e 3.200 unidades.

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

## 12 ACEITAÇÃO E REJEIÇÕES

### 12.1 Ensaios de tipo e especiais

Os ensaios de tipo e especiais 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, os materiais não serão aceitos.

### 12.2 Ensaios de recebimento

Os critérios para a aceitação ou a rejeição nos ensaios 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 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 3;
- c) Se 2 (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

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)

## 14 HISTÓRICO DE VERSÕES DESTE DOCUMENTO

Data	Versão	Descrição das alterações realizadas
01/10/2024	0.0	<ul style="list-style-type: none"><li>1ª edição.</li></ul>

## 15 VIGÊNCIA

Esta Especificação Técnica entra em vigor na data de 01/11/2024 e revoga as documentações anteriores do grupo Energisa.

## 16 TABELAS

TABELA 1 - Característica técnica do reator limitador de corrente para banco de capacitores até 36,2 kV



*Imagem meramente ilustrativa*

Código Energisa		693498	693499	693500	693501	693502	693503	693504	693505	693506	693507
Tensão nominal do sistema	(kV <sub>ef</sub> )	11,4 e 13,8					22,0			34,5	
Tensão máxima do sistema	(kV)	15,0 / 15,5					24,0 / 24,2			36,0 / 36,2	
Frequência	(Hz)	60									
Corrente nominal (I <sub>r</sub> )	(A)	100	200	300	400	500	100	200	300	100	200
Indutância nominal (μH)	(μH)	70									
Corrente suportável nominal de curta duração 1,0 s	(kA)	25									
Corrente dinâmica	(kA)	n.a									
Valor de crista da corrente suportável	(kA <sub>cr</sub> )	2,5 I <sub>t</sub>									

TABELA 1 - Característica técnica do reator limitador de corrente para banco de capacitores até 36,2 kV -  
 Continuação

Código Energisa										
Tensão suportável nominal de impulso atmosférico	(kV <sub>cr</sub> )		110				145			195
Tensão suportável nominal a frequência nominal durante 1 min.	(kV <sub>ef</sub> )		45				60			80

TABELA 2 - Característica técnica do reator limitador de corrente para banco de capacitores de 72,5 kV e 145 kV



*Imagem meramente ilustrativa*

Código Energisa		693508	693509	693510	693511	693512	693513
Tensão nominal do sistema	(kV <sub>ef</sub> )	69		88		138	
Tensão máxima do sistema	(kV)	72,5		92,4		145	
Frequência	(Hz)	60					
Corrente nominal (I <sub>r</sub> )	(A)	100	200	100	200	100	200
Indutância nominal (μH)	(μH)	250					
Corrente suportável nominal de curta duração 1,0 s	(kA)	31,5					
Corrente dinâmica	(kA)	62,5		94,5		80	
Valor de crista da corrente suportável	(kA <sub>cr</sub> )	2,5 It					
Tensão suportável nominal de impulso atmosférico	(kV <sub>cr</sub> )	350		550		650	

TABELA 2 - Característica técnica do reator limitador de corrente para banco de capacitores de 72,5 kV e 145 kV - Continuação

Código Energisa		693508	693509	693510	693511	693512	693513
Tensão suportável nominal a frequência nominal durante 1 min.	(kVef)	140				275	



TABELA 3 - Planos de amostragem e critério de aceitação para ensaios de recebimento

Tamanho do lote	Amostragem dupla normal Nível de inspeção S3 NQA 6,5 %			
	Amostra		Ac	Re
	Seq.	Tam.		
2 a 50	-	2	0	1
51 a 150	1 <sup>a</sup>	3	0	2
	2 <sup>a</sup>		1	2
151 a 500	1 <sup>a</sup>	5	0	2
	2 <sup>a</sup>		1	2
501 a 3.200	1 <sup>a</sup>	8	0	3
	2 <sup>a</sup>		3	4
3.201 a 5.000	1 <sup>a</sup>	13	1	4
	2 <sup>a</sup>		4	5

Legenda:

Seq. - Sequência da amostra;

Tam. - Tamanho da amostra;

Ac - Número de aceitação;

Re - Número de rejeição.

TABELA 4 - Relação de ensaios

Item	Descrição dos ensaios	Tipo de ensaios
10.3.1	Inspeção geral	RE
10.3.2	Verificação dimensional	RE
10.3.3	Ensaio de elevação de temperatura	T / E
10.3.4	Ensaio de tensão suportável de impulso atmosférico	T / E
10.3.5	Ensaio de resistência dos enrolamentos	RE / E
10.3.6	Ensaio de medição da impedância na corrente nominal contínua	RE / E
10.3.7	Ensaio de medição das perdas na temperatura ambiente	RE / E
10.3.8	Ensaio de sobretensão no enrolamento para reatores limitadores de corrente	RE / E
10.3.9	Ensaio de medição da espessura do revestimento do terminal de ligação	RE
10.3.10	Ensaio de torque dos parafusos	RE
10.3.11	Ensaio de curto-circuito	E
10.3.12	Ensaio de medição do nível de ruído	E
10.3.13	Ensaio de tensão aplicada	E
10.3.14	Ensaio de impulso atmosférico simultâneo nos dois terminais double-ended	E
10.3.15	Ensaio de sobretensão sob chuva	E
10.3.16	Ensaio de tensão aplicado sob chuva para reatores a seco e montados em isoladores suporte	E

Legenda:

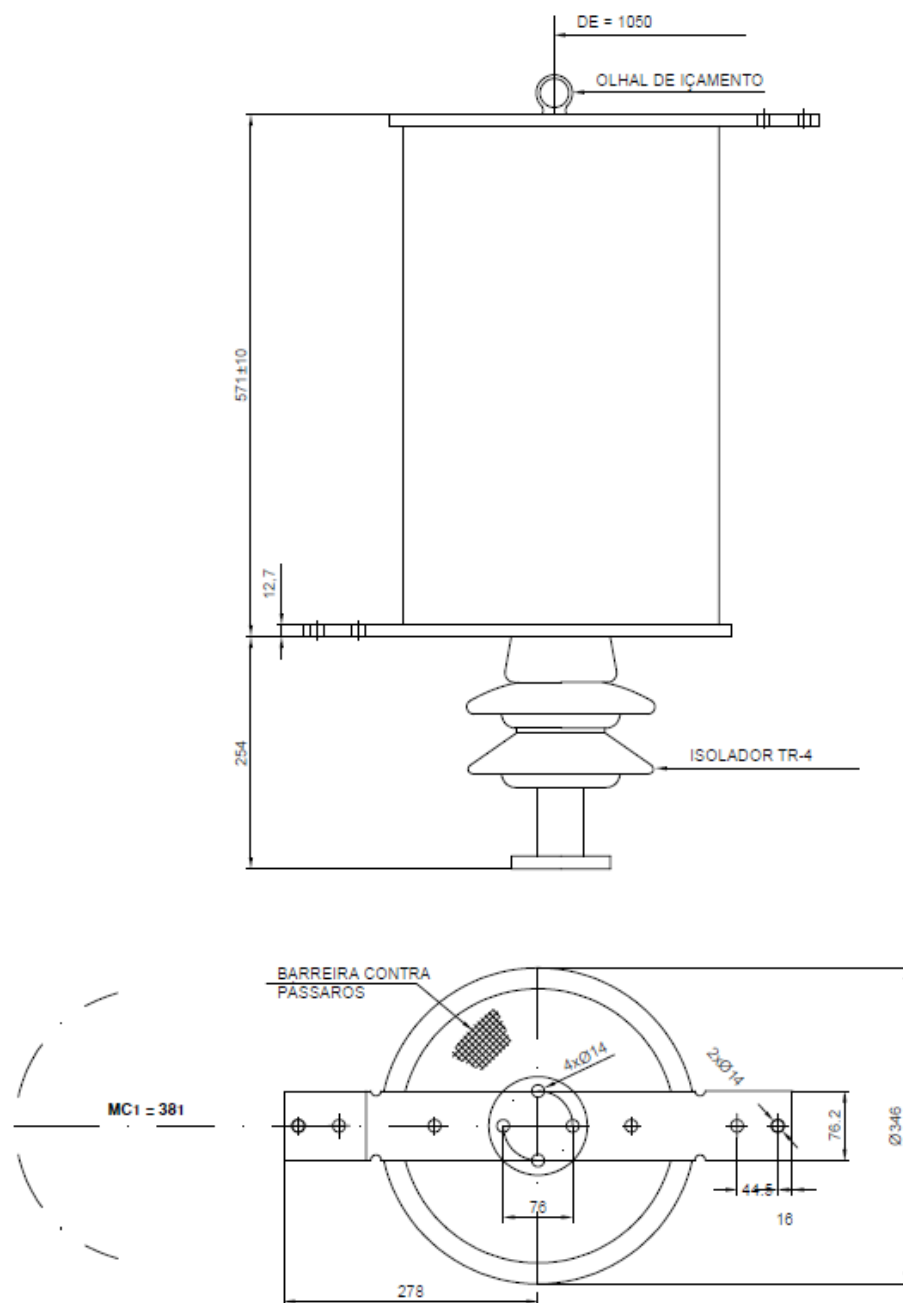
T - Ensaio de tipo;

RE - Ensaio de recebimento;

E - Ensaio especial.

## 17 DESENHOS

### DESENHO 1 - Características dimensional do reator limitador de corrente para banco de capacitores - Modelo



#### NOTAS:

- I. O fabricante deve fornecer o desenho do reator limitador de corrente.

## 18 ANEXOS

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

#### REATOR LIMITADOR DE CORRENTE

Nome do fabricante

Número da licitação

Número da proposta


Item	Descrição	Características / Unidade
1	Tipo / Modelo:	
2	Código do material:	
2.1	a) Código fabricante:	
2.2	b) Código Energisa:	
3	Características elétricas:	
3.1	a) Tensão nominal:	kV
3.2	b) Frequência nominal	Hz
3.3	c) Nível de isolamento:	
3.3.1	• Tensão suportável de impulso atmosférico:	kV
3.3.2	• Tensão suportável de frequência industrial	kV
3.4	d) Corrente nominal:	A
3.5	e) Corrente suportável de curto-circuito:	
3.5.1	• Corrente suportável de curta duração (1s)	kA
3.5.2	• Valor de crista da corrente suportável	kA
3.6	f) Indutância a 75 °C:	MH
3.7	g) Impedância a 75 °C:	mΩ
3.8	h) Resistência ôhmica do enrolamento a 75 °C:	μΩ
3.9	i) Perdas totais a tensão nominal a 75 °C:	W
3.10	j) Resistência de isolamento:	MΩ
3.11	k) Fator de potência de isolamento:	%
3.12	l) Tensão de radiointerferência:	μV

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

Item	Descrição	Características / Unidade
3.13	m) Máxima elevação de temperatura:	°C
3.14	n) Fator de qualidade X/R:	
4	Características construtivas:	
4.1	a) Altura:	mm
4.2	b) Diâmetro:	mm
4.3	c) Furação da base:	mm
4.4	d) Distância mínima entre linhas de centro de fases diferentes para o sistema trifásico:	mm
4.5	e) Terminal de ligação	
4.6	f) Peso nominal:	kg
24	Embalagem:	
24.1	a) Tipo de embalagem:	
24.2	b) Quantidade de unidade:	
24.3	c) Peso da embalagem:	kg

### NOTAS:

- I. O fabricante deve fornecer em sua proposta todas as informações requeridas no quadro de dados técnicos e características garantidas;
- II. Se o fabricante submeter 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;



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

- V. O fabricante deve garantir que a performance e as características dos equipamentos a serem fornecidos estarão em conformidade com as informações aqui apresentadas.

ANEXO 2 - Quadro de desvios técnicos e exceções

## QUADRO DE DESVIOS TÉCNICOS E EXCEÇÕES

Nome do fabricante:

N.º da licitação:

N.º da proposta:

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

Referência	Descrição

