 Público	Tipo de Documento:	Especificação Técnica
	Área de Aplicação:	Engenharia de Normas e Padrões
	Título do Documento:	Tubos de Alumínio para Barramentos de Subestações

Sumário

1.	OBJETIVO	1
2.	ÂMBITO DE APLICAÇÃO	1
3.	DEFINIÇÕES	1
4.	DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA.....	1
5.	RESPONSABILIDADES.....	2
6.	REGRAS BÁSICAS	2
7.	CONTROLE DE REGISTROS	8
8.	ANEXOS.....	8
9.	REGISTRO DE ALTERAÇÕES.....	9

1. OBJETIVO

Esta Especificação Técnica estabelece os requisitos técnicos mínimos exigíveis para o fornecimento de tubos de alumínio extrudado para barramentos de Subestações.

2. ÂMBITO DE APLICAÇÃO

2.1 Empresa

Distribuidoras do Grupo CPFL Energia.

2.2 Área

Engenharia, Operações de Campo, Obras e Manutenção, Suprimentos e Gestão de Ativos.

3. DEFINIÇÕES

Serão adotadas as definições e terminologias estabelecidas pelas normas e organizações mencionadas no item 4 desta Especificação.

4. DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA

ABNT NBR 6599 Alumínio e suas ligas – Processos e produtos - Terminologia


ABNT NBR ISO 209 Alumínio e suas ligas – Composição química

ABNT NBR ISO 2107 Alumínio e suas ligas – Produtos trabalháveis – Designação das têmperas

ABNT NBR 7000 Alumínio e suas ligas - Produtos extrudados com ou sem trefilação - Propriedades mecânicas

ABNT NBR 8117 Alumínio e suas ligas – Arames, barras, perfis e tubos extrudados – Requisitos

N.Documento:	Categoria:	Versão:	Aprovado por:	Data Publicação:	Página:
16892	Instrução	1.2	JOSE CARLOS FINOTO BUENO	30/05/2022	1 de 9

 Público	Tipo de Documento: Especificação Técnica
	Área de Aplicação: Engenharia de Normas e Padrões
	Título do Documento: Tubos de Alumínio para Barramentos de Subestações

ABNT NBR 7549	Alumínio e suas ligas – Produtos laminados, extrudados e fundidos - Ensaio de tração
ABNT NBR 14070	Alumínio e suas ligas – Métodos de análises químicas
ABNT NBR 14334	Alumínio na liga 6101 - Tubos estruturais para fins elétricos – Requisitos
ABNT NBR 14939	Amostragem do alumínio e suas ligas para análise espectroquímica
ANSI B36-10M	Welded and seamless wrought steel pipe
ASTM B193	Test method for resistivity of electrical conductor materials
ASTM E1004	Test method for determining electrical conductivity using the electromagnetic (eddy-current) method

5. RESPONSABILIDADES

A área de Engenharia de Normas e Padrões das distribuidoras do Grupo CPFL é a responsável pela publicação deste documento.

6. REGRAS BÁSICAS

6.1 Características Gerais

Os tubos de alumínio deverão ser projetados e fabricados para instalação em sistemas de potência com tensão máxima de operação de acordo com a tabela abaixo:


Conectores classe de tensão	Tensão máxima de operação do sistema de potência
138 kV	145 kV
69 kV	72,5 kV
34,5 kV	36,2 kV

6.2 Condições de Utilização

Os tubos deverão ser projetados para uso externo, nas seguintes condições ambientais:

- Altitude em relação ao nível do mar, máxima: 1000 m
- Temperatura máxima: 40 °C
- Temperatura mínima: -5 °C
- Temperatura média, período de 24 horas: 35 °C
- Umidade relativa do ar: maior que 80%
- Velocidade do vento: 130 km/h
- Pressão do vento: máximo 700 Pa - 71,4 kgf/m²
- Grau de poluição: não inferior ao nível médio de poluição IEC 60815

N.Documento:	Categoria:	Versão:	Aprovado por:	Data Publicação:	Página:
16892	Instrução	1.2	JOSE CARLOS FINOTO BUENO	30/05/2022	2 de 9

 Público	Tipo de Documento:	Especificação Técnica
	Área de Aplicação:	Engenharia de Normas e Padrões
	Título do Documento:	Tubos de Alumínio para Barramentos de Subestações

6.3 Materiais

Os tubos para os barramentos de subestações deverão ser de classe SCHEDULE 40 ou 80, extrudados de seção circular uniforme, superfície lisa. O acabamento da superfície cilíndrica do tubo deverá ser livre de emendas, riscos, trincas, impurezas e outras imperfeições que possam vir a causar aumento de rádio interferência e de perdas por efeito corona.

Os materiais a serem utilizados na fabricação dos tubos de alumínio, deverão preencher os requisitos a seguir indicados:

- Liga - A liga de alumínio do tubo deve ser tipo 6101, conforme norma ABNT NBR 14334.
- Têmpera - A têmpera do tubo deve ser tipo T6, conforme norma ABNT NBR 14334 e NBR ISO 2107.
- Composição química - Os limites da composição química usada nas ligas para a confecção dos tubos deverão estar dentro das recomendações das normas NBR ISO 209 e NBR 14334.
- Propriedades mecânicas e elétricas

Os limites de condutividade, resistividade e as características de escoamento e de resistência à tração para a liga e têmpera especificadas, deverão estar conforme recomendações da ABNT NBR 14334. Os valores limites são indicados no item 6.5.

6.3.1 Processo de Fabricação

Os tubos devem ser fabricados por extrusão a quente ou por um processo similar, garantindo que o processo atenda aos requisitos desta especificação.

Recomenda-se que todos os lotes de tarugos da liga 6101 a serem utilizados na fabricação dos tubos sejam acompanhados de relatório de composição química, quando do envio à área de extrusão.

Convém que as cargas de forno sejam monitoradas por meio de gráficos de temperatura em função do tempo e que os tarugos homogeneizados sejam submetidos à análise metalográfica para avaliação das suas características metalúrgicas.


Durante a operação de corte dos tarugos, recomenda-se que seja feita uma análise visual para a eliminação das peças com eventuais defeitos de fabricação.

Recomenda-se que o processo de extrusão seja monitorado durante o transcorrer da produção, de acordo com os parâmetros de fabricação do produto. Para os casos de quaisquer anomalias durante o processo de extrusão, convém que existam rotinas definidas para correção do processo ou interrupção da produção, bem como para a identificação do material produzido, visando posterior rastreabilidade.

6.3.2 Acabamento

Os tubos devem ter acabamento e têmpera uniformes, isentos de defeitos superficiais e internos que possam prejudicar seu uso final. Os riscos de extrusão são permissíveis até o valor de rugosidade média longitudinal máximo de 4 µm ou 150 µpol (acabamento nº 1 da ABNT NBR 8117:2011).

N.Documento:	Categoria:	Versão:	Aprovado por:	Data Publicação:	Página:
16892	Instrução	1.2	JOSE CARLOS FINOTO BUENO	30/05/2022	3 de 9

 Público	Tipo de Documento:	Especificação Técnica
	Área de Aplicação:	Engenharia de Normas e Padrões
	Título do Documento:	Tubos de Alumínio para Barramentos de Subestações

6.3.3 Composição Química

A composição química do produto deve ser determinada de acordo com a ABNT NBR 14070 e atender à Tabela 1.

Tabela 1 – Limites de composição química da liga 6101 (% em peso)

Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Cr	Zn	B	Outros		Alumínio mínimo
								Cada	Total	
0,30-0,70	0,50	0,10	0,03	0,35-0,80	0,03	0,10	0,06	0,03	0,10	Restante

6.3.4 Propriedades Mecânicas e Elétricas

As propriedades mecânicas dos tubos devem ser determinadas de acordo com a ABNT NBR 7549 e atender à Tabela 2. As propriedades elétricas devem estar de acordo com a Tabela 3.

Tabela 2 – Limites de propriedades mecânicas da liga 6101

Temperatura	Limite de resistência à tração (MPa)		Limite de escoamento (MPa)		Espessura (mm)	
	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo
T6	200	-	170	-	3,32	12,50

Tabela 3 – Propriedades elétricas


Temperatura	Resistividade de massa máxima a 20°C $\Omega\text{g/m}^2$	Condutividade volumétrica mínima a 20°C % IACS
T6	0,0846	55,0

Para determinação das propriedades elétricas, os ensaios em aparelhos por meio de correntes parasitas podem ser realizados conforme ASTM E1004, com a utilização de um aparelho tipo sigmatest.

Em caso de divergência entre a especificação da CPFL e os resultados do fornecedor nos ensaios realizados de acordo com a ASTM E1004, os resultados podem ser avaliados pela ASTM B193.

A resistividade ou a condutividade podem ser determinadas conforme a ASTM B193, sendo que a condutividade elétrica é determinada com a utilização de uma ponte de condutividade de Hoopes. A resistividade é obtida por cálculo, conforme as recomendações da ASTM B193.

N.Documento:	Categoria:	Versão:	Aprovado por:	Data Publicação:	Página:
16892	Instrução	1.2	JOSE CARLOS FINOTO BUENO	30/05/2022	4 de 9

 Público	Tipo de Documento:	Especificação Técnica
	Área de Aplicação:	Engenharia de Normas e Padrões
	Título do Documento:	Tubos de Alumínio para Barramentos de Subestações

6.3.5 Tolerâncias Dimensionais

Os tubos devem ter diâmetro externo e espessura de parede conforme ANSI B36-10M. As tolerâncias dimensionais devem estar de acordo com a Tabela 4 da norma ABNT NBR 14334.

6.4 Ensaios

6.4.1 Condições para os Ensaios

A seguir estão indicados os ensaios que a CPFL exige como o mínimo necessário para a avaliação do desempenho dos tubos a serem adquiridos.

Para fins de ensaio, será considerado como um lote, todos os tubos do mesmo tipo e dimensão, fabricados essencialmente sob as mesmas condições e apresentados ao mesmo tempo para inspeção de recepção.

Os planos de amostragem e os critérios de aceitação estão descritos no item 7.3 desta Especificação Técnica.

Todos os tubos rejeitados nos ensaios de recebimento, mas pertencentes a lotes aceitos devem ser substituídos pelo fabricante, sem ônus para a CPFL.

6.4.2 Ensaios de recebimento

Os seguintes ensaios devem ser realizados conforme ABNT NBR 14334 e NBR 7549:

- Verificação visual, acabamento e dimensional (comprimento, diâmetro externo e espessura de parede);
- Composição química;
- Resistência à tração;
- Escoamento;
- Resistividade de massa;
- Condutividade volumétrica.


Os ensaios de recebimento deverão ser realizados em fábrica ou laboratório credenciado pela CPFL, sob a responsabilidade do fabricante e sua comprovação deverá ser feita mediante apresentação dos relatórios de ensaios, conforme item 7.4 desta Especificação Técnica.

6.4.3 Critérios de amostragem e aceitação

- A amostragem para determinação da composição química deve ser feita de acordo com a ABNT NBR 14939.
- A quantidade de amostras ensaiadas deve estar de acordo com os planos de amostragem e critérios de aceitação da Tabela 4 para composição química, propriedades mecânicas e condutividade volumétrica.

Tabela 4 – Planos de amostragem e critérios de aceitação (NQA)

N.Documento:	Categoria:	Versão:	Aprovado por:	Data Publicação:	Página:
16892	Instrução	1.2	JOSE CARLOS FINOTO BUENO	30/05/2022	5 de 9

 CPFL ENERGIA <i>Público</i>	Tipo de Documento:	Especificação Técnica
	Área de Aplicação:	Engenharia de Normas e Padrões
	Título do Documento:	Tubos de Alumínio para Barramentos de Subestações

Número de unidades do lote (peças)	Acabamento superficial e dimensões			Condutividade volumétrica			Propriedades mecânicas (LE e LRT)		
	Amostra	NA	NR	Amostra	NA	NR	Amostra	NA	NR
Até 50	5	0	1	2	0	1	2	0	1
51 - 150	8	0	1	3	0	1	3	0	1
151 - 500	13	1	2	5	0	1	3	0	1
501 - 1200	20	1	2	5	0	1	5	0	1

Legenda:
NQA - Nível de qualidade aceitável
NA - Número de aceitação: número máximo de peças defeituosas para aceitação do lote
NR - Número de rejeição: número total de peças defeituosas para rejeição do lote
LE - Limite de escoamento
LRT - Limite de resistência à tração

6.4.4 Relatórios de ensaios

O fornecedor deverá enviar à CPFL em 03 (três) vias, nos modelos previamente aprovados, 01, um, relatório de cada ensaio realizado.

Devem constar do relatório de ensaio as seguintes informações mínimas:


- Nome ou marca comercial do fabricante;
- Identificação do laboratório de ensaio;
- Quantidade de tubos do lote e quantidade ensaiada;
- Identificação completa do tubo ensaiado, conforme indicado em 9;
- Dimensões básicas e massa do tubo;
- Relação e resultados dos ensaios executados;
- Certificado de aferição dos aparelhos utilizados nos ensaios, com data inferior a 24 meses;
- Número da ordem de compra;
- Data de início e de término de cada ensaio;
- Nomes legíveis, assinaturas do fabricante e data da emissão do relatório.

6.5 Aceitação e Rejeição

Devem ser aceitos os tubos que satisfizerem a todos os requisitos desta Especificação Técnica e demais normas citadas, em caso contrário devem ser rejeitados.

A aceitação dos tubos pela CPFL não eximirá de modo algum o Fornecedor de sua responsabilidade em fornecer os tubos em plena concordância com esta Especificação Técnica, nem tampouco invalidarão ou comprometerão qualquer reclamação posterior que a CPFL venha a fazer baseada na existência de tubos inadequados ou defeituosos.

N.Documento:	Categoria:	Versão:	Aprovado por:	Data Publicação:	Página:
16892	Instrução	1.2	JOSE CARLOS FINOTO BUENO	30/05/2022	6 de 9

 <i>Público</i>	Tipo de Documento:	Especificação Técnica
	Área de Aplicação:	Engenharia de Normas e Padrões
	Título do Documento:	Tubos de Alumínio para Barramentos de Subestações

A CPFL poderá rejeitar qualquer parte ou partes dos serviços os quais, após ensaios, estiverem em desacordo com esta Especificação. Tal rejeição será feita por escrito e conterà a justificativa para a mesma.

Em caso de qualquer falha nos ensaios de recebimento, a CPFL poderá exigir, sem ônus para ela, que a causa seja corrigida e as modificações daí decorrentes sejam efetuadas, também, nas demais unidades adquiridas ou, dependendo da gravidade da falha, poderá rejeitar o tubo.

Se o número de falhas for tal que a CPFL venha a suspeitar do controle de qualidade, o lote inteiro poderá ser rejeitado.

A rejeição do tubo em virtude de falhas constatadas através de ensaios ou de sua discordância com esta Especificação Técnica, não eximirá o Fornecedor de sua responsabilidade.

Se na opinião da CPFL a natureza da rejeição tornar impraticável a entrega dos tubos pelo Fornecedor na data prometida ou se tudo indicar que o Fornecedor seja incapaz de satisfazer aos requisitos exigidos, a CPFL reserva-se o direito de rescindir todas as suas obrigações e adquirir o material em outra fonte.

6.6 Embalagem e Identificação

Os tubos podem ser agrupados em unidades de no máximo 70 kg. No caso de tubos com mais de 35 kg cada um, a embalagem pode ser individual ou tipo palhete. Cada unidade precisa ser envolvida com papel crepado e/ou manta plástica em toda a sua extensão, e cada embalagem deve ser marcada de forma indelével com os seguintes dados:

- a) liga;
- b) têmpera;
- c) número que identifique o produto;
- d) nome ou marca do fabricante;
- e) número do lote.

Os produtos devem ser embalados de tal forma que não sofram danos durante o manuseio e transporte. Sempre que necessário, deve informar as condições especiais de transporte, movimentação e armazenamento. A embalagem deve ser elaborada com material reciclável.


6.7 Garantia

O fabricante deve garantir a qualidade de todos os materiais usados de acordo com os requisitos desta Especificação Técnica.

A vigência da garantia deve ser no mínimo de 18 (dezoito) meses a partir da entrada em operação ou 24 (vinte e quatro) meses a partir da data de entrega no ponto de destino citado no contrato.

Se durante o período de garantia ocorrer algum defeito, falha ou falta oriundas da fabricação ou emprego de materiais inadequados no tubo, o Fornecedor deverá substituí-lo, atendendo ao menor prazo possível a solicitação da CPFL e sem qualquer ônus a mesma.

N.Documento:	Categoria:	Versão:	Aprovado por:	Data Publicação:	Página:
16892	Instrução	1.2	JOSE CARLOS FINOTO BUENO	30/05/2022	7 de 9

 Público	Tipo de Documento:	Especificação Técnica
	Área de Aplicação:	Engenharia de Normas e Padrões
	Título do Documento:	Tubos de Alumínio para Barramentos de Subestações

Se depois de notificado, o Fornecedor se recusar a efetuar as substituições solicitadas, a CPFL reserva-se o direito de executá-las e cobrar seus custos do Fornecedor, sem que isto afete a garantia do material.

6.8 Programação de Fabricação e Entrega

O fornecedor deverá fazer uma programação de fabricação de maneira a atender as datas e quantidades especificadas para cada lote do fornecimento, visando reduzir o tempo de armazenamento dos tubos.

Para cada lote deverão ser realizados os ensaios, com apresentação dos respectivos relatórios de ensaios, conforme item 7 desta Especificação Técnica.

Alterações efetuadas:

7. CONTROLE DE REGISTROS

Não se aplica.

8. ANEXOS

8.1 ANEXO A – DESENHO

TUBO DE ALUMÍNIO EXTRUDADO, LIGA 6101, TÊMPERA T6

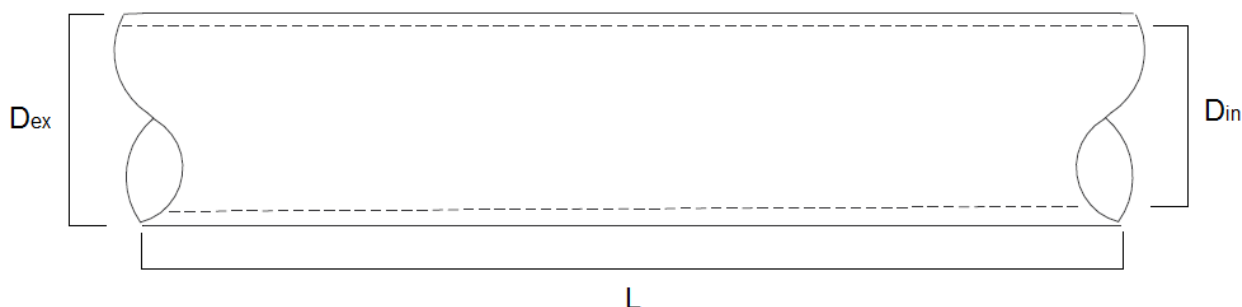



TABELA A – DIMENSÕES TUBO DE ALUMÍNIO

ITEM	SCHEDULE	DIMENSÕES					CÓDIGO MATERIAL
		Diâmetro Nominal IPS	Diâmetro Externo	Diâmetro Interno	Peso (kg/m)	Comprimento	
			Dex (mm)	Din (mm)		L (m)	
1	40	1"	33,40	26,64	0,885	6,00	10-000-039-832
2	40	1 1/2"	48,26	40,90	1,399	6,00	10-000-039-833
3	40	3"	88,90	77,92	3,901	6,00	10-000-039-834

N.Documento:	Categoria:	Versão:	Aprovado por:	Data Publicação:	Página:
16892	Instrução	1.2	JOSE CARLOS FINOTO BUENO	30/05/2022	8 de 9

 <i>Público</i>	Tipo de Documento:	Especificação Técnica
	Área de Aplicação:	Engenharia de Normas e Padrões
	Título do Documento:	Tubos de Alumínio para Barramentos de Subestações

9. REGISTRO DE ALTERAÇÕES

9.1 Colaboradores

Empresa	Área	Nome
CPFL Paulista	REDN	João Carlos Carneiro
RGE	REDN	Paulo Henrique Engelmann De Oliveira

9.2 Alterações

Versão Anterior	Data da Versão Anterior	Alterações em relação à Versão Anterior
1.0	-	- Emissão Inicial
1.1	27/07/2016	- Inclusão de novos códigos na Tabela A
1.2	26/04/2022	- Ajustada formatação do documento conforme norma interna vigente

N.Documento:	Categoria:	Versão:	Aprovado por:	Data Publicação:	Página:
16892	Instrução	1.2	JOSE CARLOS FINOTO BUENO	30/05/2022	9 de 9