

# **NORMA TÉCNICA CELG GT**

## **Cabos Nus de Alumínio com Alma de Aço Especificação**

**NT-42**

# **CELG GT GERAÇÃO E TRANSMISSÃO S.A.**

## **SETOR DE ENGENHARIA DA TRANSMISSÃO**

**NT-42**

### **Cabos Nus de Alumínio com Alma de Aço Especificação**

COLABORAÇÃO: Estagiaria de Eng. Elétrica Renata Isabella Pinheiro de Oliveira

SUPERVISÃO: \_\_\_\_\_  
Engº Carlos Eduardo de Carvalho  
**DT-SET**

APROV.: \_\_\_\_\_  
Engº Francisco Augusto da Silva  
**DT**

**DATA: FEV/2015**

Obs. Esta norma baseia-se no texto da NTC 42 da CELG D, revisão2.

## ÍNDICE

SEÇÃO	TÍTULO	PÁGINA
1.	<b>OBJETIVO</b>	1
2.	<b>NORMAS E DOCUMENTOS COMPLEMENTARES</b>	2
3.	<b>TERMINOLOGIA E DEFINIÇÕES</b>	4
4.	<b>CONDIÇÕES GERAIS</b>	5
4.1	<b>Geral</b>	5
4.2	<b>Acondicionamento e Marcação da Embalagem</b>	5
4.3	<b>Acabamento</b>	6
4.4	<b>Encordoamento</b>	6
4.5	<b>Emendas</b>	6
4.6	<b>Comprimento dos Lances</b>	7
4.7	<b>Garantia</b>	7
5.	<b>CONDIÇÕES ESPECÍFICAS</b>	8
5.1	<b>Materiais</b>	8
5.2	<b>Resistência Mecânica Calculada (RMC)</b>	9
5.3	<b>Resistência Elétrica em Corrente Contínua</b>	9
5.4	<b>Dimensões e Formações</b>	9
5.5	<b>Massa</b>	9
6.	<b>INSPEÇÃO E ENSAIOS</b>	10
6.1	<b>Generalidades</b>	10
6.2	<b>Ensaio de Recebimento</b>	11
6.3	<b>Ensaio de Tipo</b>	12
6.4	<b>Descrição dos Ensaio</b>	12
6.5	<b>Planos de Amostragem</b>	16
ANEXO A	<b>TABELAS</b>	17
TABELA 1	<b>CARACTERÍSTICAS DOS CABOS CAA</b>	17
TABELA 2	<b>COMPRIMENTOS NOMINAIS E MASSA APROXIMADA DOS LANCES</b>	18
TABELA 3	<b>RESISTÊNCIA À TRAÇÃO E ALONGAMENTO DOS FIOS DE ALUMÍNIO TÊMPERA H19</b>	19
TABELA 4	<b>NÚMERO DE EMENDAS PERMITIDAS POR LANCE DE CABO</b>	19
TABELA 5	<b>PROPRIEDADES MECÂNICAS DOS FIOS DE AÇO ZINCADOS</b>	19
TABELA 6	<b>MASSA DA CAMADA DE ZINCO</b>	20
TABELA 7	<b>DIÂMETRO DO MANDRIL PARA O ENSAIO DE ADERÊNCIA</b>	20
TABELA 8	<b>NÚMERO MÍNIMO DE IMERSÕES PARA O ENSAIO DE PREECE - UNIFORMIDADE DA CAMADA DE ZINCO</b>	20
TABELA 9	<b>PLANO DE AMOSTRAGEM PARA ENSAIOS DE RECEBIMENTO</b>	21
TABELA 10	<b>QUANTIDADE DE FIOS A RETIRAR DE CADA CABO PARA ENSAIO</b>	21
ANEXO B	<b>QUADRO DE DADOS TÉCNICOS E CARACTERÍSTICAS GARANTIDAS</b>	22
ANEXO C	<b>COTAÇÃO DE ENSAIOS DE TIPO</b>	23
ANEXO D	<b>QUADRO DE DESVIOS TÉCNICOS E EXCEÇÕES</b>	24

## 1. OBJETIVO

Esta norma fixa os critérios e as exigências técnicas mínimas, relativas à fabricação e recebimento de cabos de alumínio com alma de aço zincado por imersão a quente (CAA) para uso no sistema CELG GT.

---

**2. NORMAS E DOCUMENTOS COMPLEMENTARES**

Como forma de atender aos processos de fabricação, inspeção e ensaios, os cabos devem satisfazer às exigências desta norma, bem como de todas as demais relacionadas a seguir.

NBR 5118	Fios de alumínio 1350 nus, de seção circular, para fins elétricos.
NBR 5426	Planos de amostragem e procedimentos na inspeção por atributos.
NBR 5456	Eletricidade geral - Terminologia.
NBR 5471	Condutores elétricos - Terminologia.
NBR 6005	Arames de aço - Ensaio de enrolamento - Método de ensaio.
NBR 6207	Arames de aço - Ensaio de tração - Método de ensaio.
NBR 6236	Madeira de carretéis para fios, cordoalhas e cabos - Especificação.
NBR 6243	Choque térmico para fios e cabos elétricos.
NBR 6564	Graxa lubrificante - determinação do ponto de gota.
NBR 6756	Fios de aço zincados para almas de cabos de alumínio e alumínio-liga - Especificação.
NBR 6810	Fios e cabos elétricos - Tração à ruptura em componentes metálicos.
NBR 6814	Fios e cabos elétricos - Ensaio de resistência elétrica.
NBR 6815	Fios e cabos elétricos - Ensaio de determinação da resistividade em componentes metálicos.
NBR 7103	Vergalhão de alumínio 1350 para fins elétricos.
NBR 7270	Cabos de alumínio nus com alma de aço zincado para linhas aéreas - Especificação.
NBR 7271	Cabos de alumínio nus para linhas aéreas - Especificação.
NBR 7272	Condutores elétricos de alumínio - Ruptura e característica dimensional.
NBR 7273	Condutor elétrico de alumínio - Retirada e preparo de corpo-de-prova para ensaio de tipo.
NBR 7302	Condutores elétricos de alumínio - Tensão-Deformação em condutores de alumínio - Método de ensaio.
NBR 7303	Condutores elétricos de alumínio - Fluência em condutores de alumínio.
NBR 7304	Condutores elétricos de alumínio - Corona em condutores de alumínio.
NBR 7310	Transporte, armazenamento e utilização de bobinas com fios, cabos elétricos ou cordoalhas de aço.
NBR 7312	Rolos de fios e cabos elétricos - características dimensionais - Padronização.
NBR 7397	Produto de aço ou ferro fundido revestido de zinco por imersão a quente - Determinação da massa do revestimento por unidade de área - Método de ensaio.
NBR 7398	Produto de aço ou ferro fundido revestido de zinco por imersão a quente - Verificação da aderência do revestimento - Método de ensaio.
NBR 7400	Galvanização de produtos de aço ou ferro fundido por imersão a quente - Verificação da uniformidade do revestimento - Método de ensaio.
NBR 11137	Carretel de madeira para o acondicionamento de fios e cabos elétricos - Dimensões e estruturas.
NBR 15126	Carretel para acondicionamento de fios e cabos elétricos - Requisitos de desempenho.

- NBR 15443 Fios, cabos e condutores elétricos – Verificação dimensional e de massa.
- NBR 15583 Cordoalhas de fios de aço zincados para alma de cabos de alumínio e alumínio-liga – Requisitos e métodos de ensaio.
- NBR NM IEC 60811-1-1 Métodos de ensaios comuns para os materiais de isolamento e de cobertura de cabos elétricos - Parte 1: Métodos para aplicação geral - Capítulo 1: medição de espessuras e dimensões externas - Ensaio para a determinação das propriedades mecânicas.
- NBR ISO 2107 Alumínio e suas ligas – Produtos trabalháveis – Designações das têmperas.
- ASTM A90 Standard Test Method for Weight [Mass] of Coating on Iron and Steel Articles with Zinc or Zinc-Alloy Coatings.
- ASTM A153 Standard Specification for Zinc Coating (Hot-Dip) on Iron and Steel Hardware.
- ASTM B193 Standard Test Method for Resistivity of Electrical Conductor Materials.
- ASTM B230 Specification for Aluminum 1350-H19 Wire for Electrical Purposes.
- ASTM B232 Standard Specification for Concentric-Lay-Stranded Aluminum Conductors, Coated-Steel Reinforced (ACSR).
- ASTM A239 Standard Practice for Locating the Thinnest Spot in a Zinc (Galvanized) Coating on Iron or Steel Articles.

**Notas:**

- 1) *Poderão ser aceitas propostas para cabos fabricados através de normas diferentes das listadas, desde que essas assegurem qualidade igual ou superior às das mencionadas anteriormente. Neste caso, o proponente deverá citá-las em sua proposta e submeter uma cópia de cada uma à CELG GT, indicando claramente os pontos onde as mesmas divergem das correspondentes da ABNT.*
- 2) *Tendo em vista o item acima, deve ficar claro que, após apreciação por parte da CELG GT, não havendo concordância em relação às normas divergentes apresentadas, o posicionamento final será sempre pela prevalência das normas ABNT.*
- 3) *Todas as normas ABNT mencionadas acima devem estar à disposição do inspetor da CELG GT no local da inspeção.*
- 4) *Deverá ser usado o Sistema Internacional de Unidades (Sistema Métrico) para todo e qualquer fornecimento a ser realizado.*
- 5) *Esta norma foi baseada no seguinte documento:  
NBR 7270 Cabos de alumínio com alma de aço para linhas aéreas - Especificação.*

### 3. TERMINOLOGIA E DEFINIÇÕES

A terminologia adotada nesta norma corresponde a das normas NBR 5456, NBR 5471 e NBR 6835, complementadas pelos seguintes termos:

#### Cordoalha

Produto constituído por fios de aço zincados encordoados concentricamente.

#### Espula

Carretel destinado a receber os fios componentes do cabo para o processo de encordoamento.

#### Lance

Constituído por uma unidade de expedição de comprimento contínuo.

#### Quantidade Efetiva

Quantidade contida numa unidade de expedição, determinada por meio de equipamento adequado que garanta a incerteza máxima especificada.

#### Quantidade Nominal

Quantidade padrão de fabricação e/ou quantidade que conste na ordem de compra, para cada unidade de expedição.

#### Relação de Encordoamento

Razão entre o comprimento axial de uma hélice completa de fio encordoado e o diâmetro externo da hélice.

#### Unidade de Expedição

Unidade constituída por um rolo, uma bobina ou outra forma de acondicionamento acordada entre fabricante e comprador.

## 4. CONDIÇÕES GERAIS

### 4.1 Geral

O fornecimento deve atender as prescrições da NBR 7270 e, nos pontos em que esta for omissa, prevalece a ASTM B232.

Juntamente com a proposta o fabricante deve fornecer os dados relacionados no Quadro de Dados Técnicos e Características Garantidas, conforme Anexo B.

### 4.2 Acondicionamento e Marcação da Embalagem

Os cabos devem ser acondicionados em carretéis de madeira sem retorno, conforme NBR 11137. A madeira dos carretéis deve atender ao disposto na NBR 6236.

Os carretéis devem suportar todos os esforços resultantes das operações convencionais de transporte, armazenagem, manuseio e lançamento do cabo, conforme NBR 7310, não devendo apresentar deformações quando armazenados ao ar livre.

Internamente ao carretel, não devem existir pontas que possam danificar o cabo. Os pregos utilizados na construção dos discos laterais devem ter suas cabeças embutidas na madeira, as pontas dobradas e ser cravados da face interna para a externa dos discos.

Os materiais em contato com o cabo não devem aderir ao mesmo e nem provocar corrosão quando do armazenamento do carretel.

Os carretéis devem ser, preferencialmente, identificados por intermédio de placa de alumínio, alternativamente será admitida identificação por etiqueta (conforme Nota 1), os quais devem ser fixados em cada face lateral, com as seguintes marcações feitas de forma legível e indelével:

- a) nome ou marca comercial do fabricante;
- b) a sigla CELG GT;
- c) norma ABNT aplicável;
- d) identificação completa do cabo (tipo do condutor, código internacional, seção nominal do cabo em mm<sup>2</sup> e em AWG/MCM, número de fios de alumínio e de aço);
- e) classe de zincagem;
- f) número do Contrato de Fornecimento de Material (CFM);
- g) número de série da unidade;
- h) massas bruta e líquida (kg);
- i) número de lances com os respectivos comprimentos, em metros;
- j) seta indicativa do sentido de desenrolamento do cabo;
- k) mês e ano de fabricação;
- l) outras informações que o CFM exigir.

#### Notas:

- 1) *As etiquetas devem ser à prova de intempéries, encapsuladas em plástico transparente e suportar um mínimo de dois anos de armazenagem dos carretéis ao tempo. O material com o qual serão confeccionadas deve ser previamente submetido à aprovação da CELG GT.*

- 2) *A seta indicativa do sentido de desenrolamento deve ser marcada nos discos laterais, em alto ou baixo relevo.*
- 3) *O fornecedor deve numerar os diversos carretéis e anexar à nota fiscal, uma relação descritiva do conteúdo individual de cada um.*
- 4) *Cada bobina deve ter amarrada na extremidade do cabo correspondente à camada externa uma etiqueta com caracteres indelévels, contendo as mesmas indicações do item 4.2, com exceção da alínea g.*

### **4.3 Acabamento**

O cabo deve possuir diâmetro uniforme e acabamento superficial isento de fissuras, rebarbas, asperezas, estrias, inclusões, escamas, falhas de encordoamento ou outros defeitos que comprometam o desempenho do produto.

O fio de aço deve ter acabamento livre de estrias, escamas ou outros defeitos que possam comprometer o desempenho do material, com camada de zinco contínua e de espessura uniforme.

### **4.4 Encordoamento**

O cabo deve ter encordoamento uniforme e em todas as construções, as coroas sucessivas devem ter sentidos de encordoamento opostos, sendo o da coroa externa para a direita.

Nos cabos com coroas múltiplas, a relação de encordoamento de qualquer coroa não deve ser maior que a relação de encordoamento da coroa imediatamente abaixo.

A cordoalha de aço deve ser pré-formada.

### **4.5 Emendas**

Não são permitidas emendas nos fios de aço.

Durante o encordoamento não devem ser feitas emendas nos fios de alumínio com o objetivo de aproveitar espulas contendo sobras de fios.

As emendas nos fios de alumínio, feitas durante o processo de encordoamento, devem estar separadas por mais de 15 m de qualquer outra emenda. O número máximo de emendas permitidas por lance de cabo consta da Tabela 4.

As emendas não devem alterar o diâmetro, a flexibilidade ou a configuração do condutor emendado devendo ser feitas por pressão a frio ou solda elétrica de topo, neste último caso deve ser efetuado tratamento térmico de recozimento até uma distância mínima de 250 mm de cada lado da emenda.

As emendas feitas por solda elétrica de topo e seguidas de recozimento devem apresentar tensão de ruptura superior a 75 MPa e as feitas por pressão a frio, tensão de ruptura superior a 130 MPa, não sendo exigido nenhum requisito quanto à ductilidade.

#### 4.6 Comprimento dos Lances

Os lances nominais para os cabos usados pela CELG GT estão indicados na Tabela 2.

Admite-se em cada unidade de expedição a incerteza máxima de  $\pm 1\%$  no comprimento indicado pelo fornecedor.

Quando não especificado no Contrato de Fornecimento de Material (CFM) admite-se que:

- em cada unidade de expedição o comprimento efetivo divirja do nominal em, no máximo,  $\pm 5\%$ ;
- até 5% do total do contrato, em massa, pode ser entregue em lances não inferiores a 50% do lance nominal;
- a quantidade total contratada pode sofrer uma variação de até 5% em massa.

#### 4.7 Garantia

O fabricante deve proporcionar garantia de 24 meses a partir da data de emissão da nota fiscal ou 18 meses, a contar do início de utilização, prevalecendo o que ocorrer primeiro, contra qualquer defeito de material, fabricação e acondicionamento dos cabos fornecidos, de acordo com os requisitos desta norma.

Caso o produto fornecido apresente defeito ou deixe de atender aos requisitos apresentados pela CELG GT, um novo período de garantia de 12 meses de operação satisfatória deverá entrar em vigor, para o lote em questão.

A garantia deve cobrir a reposição de qualquer cabo considerado defeituoso devido a eventuais deficiências em seu projeto, matéria-prima ou fabricação, durante a vigência do período desta.

As despesas com mão-de-obra decorrentes de retirada e instalação de cabos, comprovadamente com defeito de fabricação, bem como o transporte entre almoxarifado CELG GT e fabricante correrão por conta do último.

## 5. CONDIÇÕES ESPECÍFICAS

### 5.1 Materiais

#### 5.1.1 Fios de Alumínio

Os fios de alumínio componentes do cabo devem ser do tipo 1350, têmpera H19, e atender aos requisitos dimensionais, mecânicos e elétricos conforme especificado na NBR 5118.

Os fios de alumínio retirados do cabo devem apresentar limite de resistência à tração de, no mínimo, 95% do valor individual exigido antes do encordoamento e devem conservar as características de ductilidade.

Não são requeridas características de alongamento após o encordoamento.

O valor mínimo da condutividade dos fios de alumínio, após encordoamento, deve ser de 61% IACS, a 20°C.

Para efeito de cálculo considerar:

- massa específica dos fios de alumínio, a 20°C: 2,703g/cm<sup>3</sup>;
- resistividade elétrica dos fios de alumínio, a 20°C: 0,028264 Ω.mm<sup>2</sup>/m (correspondente à condutividade mínima de 61% IACS);
- coeficiente de dilatação linear dos fios de alumínio, a 20°C: 23 x 10<sup>-6</sup> (°C)<sup>-1</sup>.

#### 5.1.2 Fios de Aço

Os fios de aço devem ser fornecidos com revestimento de zinco por imersão a quente, classe A e atender aos requisitos prescritos na NBR 6756.

Os fios de aço devem apresentar camada de zinco contínua e de espessura uniforme, superfícies lisas e sem imperfeições que comprometam o desempenho.

Não são permitidas emendas nos fios acabados.

Durante a fabricação são permitidas emendas efetuadas por solda elétrica, desde que anteriores ao penúltimo passe de trefilação.

Após o encordoamento, os fios de aço zincados devem apresentar limite de resistência à tração e tensão a 1% de alongamento de, no mínimo, 95% do valor especificado antes do encordoamento.

O alongamento na ruptura em 250 mm pode apresentar uma queda de até 0,5, em valor numérico, do valor especificado antes do encordoamento.

As características de ductilidade devem ser mantidas.

Os fios de aço zincado, após encordoamento, devem manter as características de massa e aderência da camada de zinco, exigidas antes do encordoamento. Para a característica de uniformidade da camada de zinco (Preece), é permitida uma redução de ½ imersão em relação ao valor especificado antes do encordoamento.

Para efeito de cálculo, considerar:

- massa específica dos fios de aço, a 20°C: 7,780g/cm<sup>3</sup>;
- coeficiente de dilatação linear dos fios de aço, a 20°C: 115 x 10<sup>-6</sup> (°C)<sup>-1</sup>.

## 5.2 Resistência Mecânica Calculada (RMC)

A RMC do cabo completo deve ser tomada como a soma das contribuições do alumínio e do aço, ser calculada em conformidade com o disposto na NBR 7270 e está apresentada na Tabela 1.

## 5.3 Resistência Elétrica em Corrente Contínua

A resistência elétrica dos condutores deve ser determinada pela fórmula abaixo:

$$R_{cc} = \frac{\rho \times 1000 \times k}{S_f \times N}$$

Onde:

R<sub>cc</sub> = resistência elétrica nominal a 20°C, em corrente contínua (Ω/km);

ρ = resistividade elétrica do fio de alumínio a 20°C, equivalente a 0,028264 Ω.mm<sup>2</sup>/m;

S<sub>f</sub> = seção transversal do fio de alumínio, (mm<sup>2</sup>);

N = número de fios de alumínio do cabo;

k = constante de acréscimo da resistência elétrica devido ao encordoamento, conforme NBR 7271.

A resistência elétrica máxima, em C.C, a 20°C, por unidade de comprimento de um cabo encordoado não deve exceder em 2% o valor da resistência elétrica nominal.

Os valores máximos de resistência elétrica estão indicados na Tabela 1.

## 5.4 Dimensões e Formações

Os condutores CAA devem ter dimensões e formações conforme indicado na Tabela 1.

A seção transversal efetiva do alumínio não deve apresentar variação superior a ±2% em relação à seção nominal, conforme Tabela 1.

## 5.5 Massa

A massa nominal dos cabos deve ser calculada conforme NBR 5118 e NBR 6756 e é o resultado do produto da constante de encordoamento (correspondente ao número de fios) pela soma das parcelas relativas à contribuição dos fios de alumínio e de aço.

## 6. INSPEÇÃO E ENSAIOS

### 6.1 Generalidades

a) Os cabos de alumínio deverão ser submetidos a inspeção e ensaios na fábrica, na presença de inspetor credenciado pela CELG GT, devendo proporcionar a ele todos os meios, a fim de lhe permitir verificar se o material está sendo fornecido de acordo com a presente norma.

b) A CELG GT se reserva o direito de inspecionar e testar os cabos de alumínio e o material utilizado durante o período de sua 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 o material em questão estiver sendo fabricado, fornecendo as informações desejadas 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) Se os ensaios de tipo forem dispensados, o fabricante deve submeter um relatório completo dos ensaios indicados nos itens 6.2 e 6.3, com todas as informações necessárias, tais como métodos, instrumentos e constantes usadas. A eventual dispensa destes ensaios pela CELG GT somente terá validade por escrito.

d) O fabricante deve assegurar ao inspetor da CELG GT o direito de se familiarizar, em detalhes, com as instalações e os 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.

e) O fabricante deve dispor de pessoal e de aparelhagens próprias ou contratadas, necessários a execução dos ensaios (em caso de contratação deve haver aprovação prévia da CELG GT).

f) Todos os instrumentos e aparelhos de medição, máquinas de ensaios, etc., devem ter certificados de aferição emitido por instituições acreditadas pelo INMETRO e válidos por um período de, no máximo, 1 ano e por ocasião da inspeção, ainda dentro do período de validade podendo acarretar desqualificação do laboratório o não cumprimento dessa exigência.

g) A aceitação do lote e/ou a dispensa de execução de qualquer ensaio:

- não exime o fabricante da responsabilidade de fornecer o material de acordo com os requisitos desta norma;
- não invalida qualquer reclamação posterior da CELG GT a respeito da qualidade do material e/ou da fabricação.

Em tais casos, mesmo após haver saído da fábrica, o lote pode ser inspecionado e submetido a ensaios, com prévia notificação ao fabricante e, eventualmente, em sua presença. Em caso de qualquer discrepância em relação às exigências desta norma, o lote pode ser rejeitado e sua reposição será por conta do fabricante.

h) Após a inspeção dos cabos de alumínio, o fabricante deverá encaminhar a CELG GT, por lote ensaiado, um relatório completo dos testes efetuados, em 1 via, devidamente assinado por ele e pelo inspetor credenciado pela CELG GT. Este relatório deverá conter todas as informações necessárias para o seu completo entendimento, tais como: métodos, instrumentos, constantes e valores utilizados nos testes e os resultados obtidos.

i) 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 CELG GT.

j) Nenhuma modificação no cabo de alumínio deve ser feita "a posteriori" pelo fabricante sem a aprovação da CELG GT. No caso de alguma alteração, o fabricante deve realizar todos os ensaios de tipo, na presença de inspetor da CELG GT, sem qualquer custo adicional.

k) A CELG GT poderá, a seu critério, em qualquer ocasião, solicitar a execução dos ensaios de tipo para verificar se os cabos de alumínio estão mantendo as características de projeto preestabelecidas por ocasião da aprovação dos protótipos.

l) Para efeito de inspeção, todos os ensaios deverão ser feitos na presença do inspetor credenciado pela CELG GT.

m) O custo dos ensaios deve ser por conta do fabricante.

n) A CELG GT se reserva ao direito de exigir a repetição de ensaios em lotes já aprovados. Nesse caso as despesas serão de responsabilidade da CELG GT, se as unidades ensaiadas forem aprovadas na segunda inspeção, caso contrário serão debitados do fabricante.

o) Os custos da visita do inspetor da CELG GT (locomoção, hospedagem, alimentação, homem-hora e administrativos) correrão por conta do fabricante nos seguintes casos:

- se na data indicada na solicitação de inspeção o material não estiver pronto;
- se o laboratório de ensaio não atender às exigências dos itens 6.1.e até 6.1.f;
- se o material fornecido necessitar de acompanhamento de fabricação ou inspeção final em subfornecedor, contratado pelo fornecedor, em localidade diferente da sua sede;
- se o material necessitar de reinspeção por motivo de recusa;
- se a inspeção for realizada fora do território brasileiro.

## **6.2 Ensaios de Recebimento**

Os ensaios de recebimento compreendem uma inspeção geral e a verificação das características físicas, elétricas e mecânicas dos condutores. O número de amostras deve estar conforme Tabela 9.

a) ensaios nos fios de alumínio

- verificação do diâmetro do fio;
- resistência à tração;
- enrolamento;
- condutividade elétrica.

b) ensaios nos fios de aço zincado

- verificação do diâmetro do fio;
- resistência à tração;
- tensão a 1% de alongamento;
- alongamento na ruptura;
- enrolamento;
- aderência da camada de zinco;
- verificação da massa da camada de zinco;
- uniformidade da camada de zinco (Preece).

c) verificação no cabo completo

- visual;
- características de encordoamento;
- seção transversal do alumínio.

### **6.3 Ensaios de Tipo**

- ruptura no cabo completo;
- tensão-deformação.

### **6.4 Descrição dos Ensaios**

#### 6.4.1 Inspeção Geral

Antes de serem efetuados os demais ensaios deve ser feita uma inspeção geral para verificar:

- emendas;
- formação dos cabos;
- acabamento;
- comprimento dos lances em cada carretel;
- acondicionamento;
- identificação dos carretéis.

Caso os requisitos acima não sejam cumpridos os carretéis serão rejeitados.

#### 6.4.2 Ensaios nos Fios de Alumínio

##### 6.4.2.1 Verificação do Diâmetro do Fio

As características dimensionais dos fios componentes do cabo devem ser verificadas conforme NBR 15443.

##### 6.4.2.2 Requisitos Mecânicos dos Fios de Alumínio

O ensaio deve ser realizado conforme NBR 6810 e os resultados devem estar de acordo com o prescrito na Tabela 3.

##### 6.4.2.3 Enrolamento

O fio de alumínio deve ser enrolado ao redor de seu próprio diâmetro, com ou sem o uso de mandril, de modo a formar uma hélice de 8 voltas, não devendo apresentar fraturas ou trincas, quando observado a olho nu. Leves marcas superficiais não devem constituir motivo de rejeição.

#### 6.4.2.4 Condutividade Elétrica

a) O ensaio deve ser executado conforme NBR 5118.

b) Os fios devem estar limpos e as medições efetuadas a uma temperatura ambiente, não inferior a 5°C nem superior a 40°C e as variações de temperatura corrigidas conforme determina a norma anteriormente referenciada.

A condutividade percentual IACS, a 20°C, deve ser calculada pela seguinte expressão:

$$C\% = \frac{k}{R_{t0} \cdot m}$$

Onde:

C% = condutividade percentual IACS a 20°C;

R<sub>t0</sub> = resistência medida à temperatura t (Ω);

m = massa do fio, expressa em gramas por metro (g/m);

k = constante referida à temperatura t, conforme NBR 7271.

A condutividade elétrica deve ser determinada com o valor da resistência corrigido para a temperatura de 20°C. O resultado deve estar de acordo com o item 5.1.

#### **Nota:**

*O comprimento do corpo-de-prova deve ser tal que permita a leitura de sua resistência com pelo menos três algarismos significativos. Para efeito de cálculo a medida do comprimento do corpo-de-prova deve ser arredondada ao milímetro mais próximo. A resistência elétrica medida não deve ser superior ao valor calculado utilizando-se o comprimento, a área da seção transversal do corpo-de-prova e a resistência máxima especificada na Tabela 1.*

#### 6.4.3 Ensaios nos Fios de Aço

Os fios de aço devem ser ensaiados conforme NBR 6756 e as respectivas características mecânicas (resistência à tração, tensão a 1% de alongamento e alongamento na ruptura) estar em conformidade com a Tabela 5.

##### 6.4.3.1 Verificação do Diâmetro dos Fios

O diâmetro dos fios deve ser medido conforme prescrito na NBR 15443. O resultado deve estar de acordo com o prescrito na Tabela 1.

##### 6.4.3.2 Resistência à Tração, Tensão a 1% de Alongamento e Alongamento na Ruptura

Este ensaio deve ser realizado conforme NBR 6810. Os resultados devem estar de acordo com a Tabela 5.

#### 6.4.3.3 Enrolamento

O fio de aço zincado deve ser enrolado no mínimo oito voltas ao redor de um mandril de diâmetro igual a duas vezes o diâmetro do fio de aço zincado submetido ao ensaio, com tolerância de  $\pm 5\%$ . A velocidade do enrolamento não pode ser superior a quinze voltas por minuto.

O fio de aço não deve apresentar fratura ou trinca. Trincas somente na camada de zinco não devem constituir causa de rejeição.

#### 6.4.3.4 Verificação da Massa da Camada de Zinco

A massa da camada de zinco deve ser verificada conforme NBR 7397, o resultado deve estar de acordo com a Tabela 6.

#### 6.4.3.5 Uniformidade da Camada de Zinco

O ensaio deve ser executado conforme NBR 7400 e os resultados devem estar em conformidade com a Tabela 8.

#### 6.4.3.6 Aderência da Camada de Zinco

As características de aderência da camada de zinco devem ser verificadas enrolando o fio de aço zincado, no mínimo, oito voltas ao redor de um mandril cilíndrico de diâmetro conforme Tabela 7. A velocidade de enrolamento não ser superior a quinze voltas por minuto.

A camada de zinco não pode apresentar rachaduras a ponto de ser removida esfregando-se o dedo sobre ela.

### 6.4.4 Verificações no Cabo Completo

#### 6.4.4.1 Visual

O diâmetro do cabo deve ser uniforme sem falhas de encordoamento, devendo ser verificado o número de fios componentes, o(s) diâmetro(s), formação e sentido(s) de encordoamento das coroas.

Constitui falha o não atendimento ao disposto no item 4.4.

#### 6.4.4.2 Características de Encordoamento

As características de encordoamento devem ser verificadas conforme prescrito na NBR 15443 e as de pré-formação da cordoalha de aço conforme NBR 15583.

O passo do encordoamento deve ser determinado efetuando-se duas marcas no mesmo fio do condutor, em duas passagens consecutivas dele por um plano tangente ao condutor.

O perfil do cabo deve ser determinado colocando uma folha de papel sobre o condutor e sobre esta uma folha de papel carbono. Na sequência passar um lápis sobre o carbono e dessa forma imprimir no papel uma série de segmentos, obtendo-se assim uma planificação da superfície cilíndrica.

Uma medição do passo em uma coroa do condutor é o comprimento medido entre iguais posições relativas de N + 1 segmentos consecutivos, sendo N o número de fios da coroa em questão.

#### 6.4.4.3 Seção Transversal

A seção transversal efetiva do cabo deve ser calculada em função dos diâmetros medidos dos fios de alumínio e de aço componentes, sendo determinada pela fórmula:

$$S = 0,784 (D^2 \times m + d^2 \times n)$$

Onde:

S = seção do condutor em mm<sup>2</sup>;  
D = diâmetro dos fios de alumínio, em mm;  
m = número de fios de alumínio;  
d = diâmetro dos fios de aço, em mm;  
n = número de fios de aço.

Os resultados devem estar em conformidade com o item 5.4 e Tabela 1.

#### 6.4.5 Ruptura do Cabo Completo

O ensaio deve ser realizado em corpos-de-prova de cabo completo de acordo com a NBR 7272.

##### a) Carga de ruptura

A carga de ruptura do cabo completo não deve ser inferior à RMC, desde que a ruptura se verifique a mais de 25 mm das garras de fixação.

Se a ruptura ocorrer nas garras de fixação ou a uma distância menor ou igual a 25 mm destas, a carga de ruptura não deve ser inferior a 95% da RMC.

##### **Nota:**

*Considera-se o cabo rompido quando qualquer um de seus fios romper.*

##### b) Características dimensionais

Varição máxima de 2% no diâmetro sob carga de 30% da RMC, em relação ao diâmetro sob pré-carga.

Ondulação máxima de 0,6 mm sob carga de 50% da RMC.

#### 6.4.6 Tensão-Deformação

Este ensaio deve ser realizado segundo as prescrições da NBR 7302.

Os resultados devem ser mostrados em um gráfico e a elaboração do mesmo deve ser conforme estabelecido na norma anteriormente referenciada; devem ser mostradas as curvas obtidas nos ensaios tensão-deformação do condutor completo, da alma de aço e da sua diferença correspondente ao alumínio.

## 6.5 Planos de Amostragem

O tamanho da amostra, bem como os critérios de aceitação e de rejeição para os ensaios de recebimento devem estar de acordo com a Tabela 9.

Para os ensaios de tipo devem ser retirados corpos-de-prova conforme NBR 7273.

Cada lote sujeito a amostragem, conforme Tabela 9, deve ser formado por cabos de mesmo tipo construtivo e mesma seção.

Qualquer unidade que tiver sua amostra representativa rejeitada deve ser excluída do lote.

De cada carretel devem ser retirados corpos-de-prova do cabo completo, em número e tamanho adequados à execução de todos os ensaios previstos, desprezando-se o primeiro metro de cada extremidade.

Se um corpo-de-prova for rejeitado em qualquer ensaio, esse deverá ser repetido em dois outros corpos-de-prova do mesmo carretel. Ocorrendo nova falha, o carretel será considerado defeituoso. Se os corpos-de-prova adicionais forem aprovados nos ensaios, considera-se a amostra como aceita. A quantidade de carretéis defeituosos deve ser levada à Tabela 9, que definirá a aceitação ou rejeição do lote.

O fabricante pode recompor um novo lote, submetendo-o a uma nova inspeção, após ter eliminado as unidades de expedição defeituosas. Em caso de nova rejeição serão aplicadas as cláusulas contratuais pertinentes.

A retirada de corpos-de-prova para os ensaios dos fios de alumínio e aço deve ser feita após o encordoamento em conformidade com as normas NBR 5118 e NBR 6756, respectivamente. Neste caso, bem como para as demais verificações e ensaios previstos no item 6.2, aplica-se o plano de amostragem constante da Tabela 9. A quantidade de fios que deve ser ensaiada, retirada de cada cabo, deve estar de acordo com a Tabela 10.

A comutação do regime de inspeção ou qualquer outra consideração adicional deve ser feita de acordo com as recomendações da NBR 5426.

## ANEXO A - TABELAS

TABELA 1

## CARACTERÍSTICAS DOS CABOS CAA

SEÇÃO AWG MCM	CÓDIGO	SEÇÃO NOMINAL (mm <sup>2</sup> )		FORMAÇÃO E DIÂMETRO (mm)				MASSA NOMINAL (kg/km)	RMC (daN)	Rec a 20°C (Ω/km)	CAPACIDADE DE CONDUÇÃO DE CORRENTE (A)	
		AL	AÇO	-	FIOS		ALMA DE AÇO					CABO COMPLETO
					AL	AÇO						
4	Swan	21,18	3,53	6/1	2,12	2,12	2,12	6,36	85,6	830	1,3545	140
2	Sparrow	33,59	5,60		2,67	2,67	2,67	8,01	135,8	1.265	0,8541	185
1/0	Raven	53,52	8,92		3,37	3,37	3,37	10,11	216,2	1.946	0,5360	240
2/0	Quail	67,33	11,22		3,78	3,78	3,78	11,34	272,0	2.353	0,4261	275
4/0	Penguin	107,22	17,87		4,77	4,77	4,77	14,31	433,2	3.706	0,2676	365
266,8	Partridge	134,87	21,99	26/7	2,57	2,00	6,01	16,28	545,5	5.011	0,2148	455
336,4	Linnet	170,55	27,83		2,89	2,25	6,75	18,31	689,9	6.291	0,1699	530
397,5	Ibis	201,34	32,73		3,14	2,44	7,32	19,88	813,5	7.242	0,1439	590
636,0	Grosbeak	321,84	52,49		3,97	3,09	9,27	25,15	1301,7	11.190	0,0900	790
795	Drake	402,56	65,44		4,44	3,45	10,36	28,11	1626,5	13.970	0,0720	910
605,0	Duck	306,89	39,78	54/7	2,69	2,69	8,07	24,21	1161,0	9.887	0,0944	770
954,0	Cardinal	484,53	62,81		3,38	3,38	10,13	30,42	1833,0	15.060	0,0598	990
101,8	Petrel *	51,61	30,10		2,34	2,34	7,02	11,70	378,1	4.620	0,5613	240
110,8	Minorca*	56,11	32,73	12/7	2,44	2,44	7,32	12,20	411,2	5.024	0,5163	250
134,6	Leghorn*	68,20	39,78		2,69	2,69	8,07	13,45	499,7	6.060	0,4248	275

**Notas:**

- 1) Características conforme NBR 7270.
- 2) RMC (Resistência Mecânica Calculada): fios de aço com zincagem classe A.
- 3) \* Cabos de alumínio com alma de aço extra forte.
- 4) Condições de cálculo da ampacidade: temp. ambiente: 25°C; temp. do condutor: 75°C; velocidade do vento: 1 m/s; com sol.

**TABELA 2**
**COMPRIMENTOS NOMINAIS E MASSA APROXIMADA DOS LANCES**

Seção (AWG/MCM)	Código	Formação	Massa nominal (kg/m)	Lance nominal (m)	Massa Aproximada do lance (kg)
4	Swan	6/1	0,086	6570 (*)	565
2	Sparrow		0,136	4155	
1/0	Raven		0,216	2615	
2/0	Quail		0,272	2080	
4/0	Penguin		0,433	1305	
266,8	Partridge	26/7	0,544	2445	1340
336,4	Linnet		0,688	1950	
397,5	Ibis		0,811	1650	
636,0	Grosbeak		1,300	1860	2427
795,0	Drake		1,623	1490	
605,0	Duck	54/7	1,158	2040	2370
954	Cardinal		1,833	1300	2382
101,8	Petrel **	12/7	0,376	2700	1018
110,8	Minorca**		0,410	2485	1021
134,6	Leghorn**		0,500	2040	1020

**Notas:**

- 1) (\*) *Pode ser fornecido em 2 lances.*
- 2) *Carretel conforme NBR 11137.*
- 3) (\*\*) *Cabos de alumínio com alma de aço extra forte.*

**TABELA 3**
**RESISTÊNCIA À TRAÇÃO E ALONGAMENTO  
 DOS FIOS DE ALUMÍNIO TÊMPERA H19**

Diâmetro nominal (mm)		Resistência mínima à tração (MPa)		Alongamento à ruptura em 250 mm	
Acima de	Até (inclusive)	Média mínima	Média individual	Média mínima	Média individual
-	1,27	172	159	-	-
1,27	1,52	200	186	1,4	1,2
1,52	1,78	197		1,5	1,3
1,78	2,03	193	183	1,6	1,4
2,03	2,29	190	179		1,5
2,29	2,54	186	176		
2,54	2,79	179	169		
2,79	3,05	176	165	1,7	1,6
3,05	3,56	172	162	1,8	1,7
3,56	3,81	169		1,9	1,8
3,81	4,57	165	159	2,0	1,9
4,57	5,33			2,1	2,0
5,33	6,60	162	155	2,3	2,2

**TABELA 4**
**NÚMERO DE EMENDAS PERMITIDAS POR LANCE DE CABO**

Número de coroas de alumínio do cabo	Número total de emendas
1	2
2	3
3	4
4	5

**TABELA 5**
**PROPRIEDADES MECÂNICAS DOS FIOS DE AÇO ZINCADOS**

Diâmetro nominal do fio (mm)		Tensão mínima a 1% de alongamento (MPa)	Limite mínimo de resistência à tração (MPa)	Alongamento mínimo na ruptura, em 250 mm (%)
acima de	Até (inclusive)			
1,24	2,28	1310	1450	3,0
2,28	3,05	1280	1410	3,5
3,05	3,56	1240		
3,56	5,50	1170	1380	4,0

**TABELA 6**

**MASSA DA CAMADA DE ZINCO**

Diâmetro nominal do fio (mm)		Massa mínima da camada de zinco (g/m <sup>2</sup> )
Acima de	Até (inclusive)	Classe A
1,24	1,52	185
1,52	1,90	200
1,90	2,28	215
2,28	2,64	230
2,64	3,05	245
3,05	3,56	260
3,56	4,57	275
4,57	5,50	305

**TABELA 7**

**DIÂMETRO DO MANDRIL PARA O ENSAIO DE ADERÊNCIA**

Diâmetro nominal do fio (mm)		Relação entre os diâmetros do mandril e do fio
Acima de	Até (inclusive)	
1,25	2,30	3
2,30	3,55	4
3,55	4,85	5

**TABELA 8**

**NÚMERO MÍNIMO DE IMERSÕES PARA O ENSAIO DE PREECE - UNIFORMIDADE DA CAMADA DE ZINCO**

Diâmetro nominal do fio (mm)		Número de imersões de 1 min.
Acima de	Até (inclusive)	
1,24	1,52	2
1,52	1,90	
1,90	2,28	
2,28	2,64	2 ½
2,64	3,05	3
3,05	3,56	
3,56	4,57	3 ½
4,57	5,50	

**Nota:**

*½ imersão equivale a uma imersão de 30 s.*

**TABELA 9**
**PLANO DE AMOSTRAGEM PARA OS ENSAIOS DE RECEBIMENTO**

Tamanho do lote	Amostra		Ac	Re
	Sequência	Tamanho		
3 a 90	-	3	0	1
91 a 280	1 <sup>a</sup>	8	0	2
	2 <sup>a</sup>	8	1	2
281 a 500	1 <sup>a</sup>	13	0	3
	2 <sup>a</sup>	13	3	4
501 a 1200	1 <sup>a</sup>	20	1	4
	2 <sup>a</sup>	20	4	5

**Notas:**

1) Ac = número de unidades defeituosas que ainda permite aceitar o lote.

2) Re = número de unidades defeituosas que implica na rejeição do lote.

3) Procedimento para amostragem dupla:

Inicialmente, ensaiar um número de unidades igual ao da primeira amostra obtida na tabela.

Se o número de unidades defeituosas encontradas estiver compreendido entre "Ac" e "Re" (excluídos esses valores), deverá ser ensaiada a segunda amostra.

O total de unidades defeituosas encontradas depois de ensaiadas as duas amostras deverá ser igual ou inferior ao maior "Ac" especificado:

4) Plano de Amostragem:

- regime de inspeção normal;

- amostragem dupla;

- nível de inspeção I;

- NQA: 4%.

**TABELA 10**
**QUANTIDADE DE FIOS A RETIRAR DE CADA CABO PARA ENSAIO**

Formação do cabo	Aço		Alumínio		
	Central	1 <sup>a</sup> coroa	1 <sup>a</sup> coroa (externa)	2 <sup>a</sup> coroa	3 <sup>a</sup> coroa
6 x 1	1	-	2	-	-
12 x 7	1	2	2	-	-
26 x 7	1	2	2	2	-
54 x 7	1	2	3	3	2

## QUADRO DE DADOS TÉCNICOS E CARACTERÍSTICAS GARANTIDAS

## CABOS DE ALUMÍNIO COM ALMA DE AÇO

Item	Descrição	Características/unidades
<b>1</b>	<b>Condutor:</b>	
1.1	tipo	
1.2	seção	AWG/MCM
1.3	código	
1.4	Capacidade de condução de corrente	A
<b>2</b>	<b>Seção nominal:</b>	
2.1	alumínio	mm <sup>2</sup>
2.2	aço	mm <sup>2</sup>
2.3	cabo completo	mm <sup>2</sup>
<b>3</b>	<b>Formação do cabo:</b>	
3.1	número de fios de alumínio	
3.2	número de fios de aço	
<b>4</b>	<b>Diâmetros:</b>	
4.1	dos fios de alumínio	mm
4.2	dos fios de aço	mm
4.3	do cabo	mm
<b>5</b>	<b>Classe de revestimento de zinco dos de fios de aço</b>	
<b>6</b>	<b>Massa do cabo</b>	kg/km
<b>7</b>	<b>Têmpera do condutor</b>	
<b>8</b>	<b>Número de lances no carretel</b>	
<b>9</b>	<b>Comprimento de cada lance no carretel</b>	m
<b>10</b>	<b>Resistência elétrica em corrente contínua a 20°C</b>	Ω/km
<b>11</b>	<b>Resistência elétrica efetiva a 60 Hz, para as temperaturas de 25, 50 e 75°C</b>	Ω/m
<b>12</b>	<b>Resistência mecânica calculada (RMC)</b>	daN
<b>13</b>	<b>Módulo de elasticidade inicial, incluindo variação máxima e mínima</b>	kg/mm <sup>2</sup>
<b>14</b>	<b>Módulo de elasticidade inicial, incluindo variação máxima e mínima para 15, 20 e 30% da carga de ruptura</b>	kg/mm <sup>2</sup>
<b>15</b>	<b>Coefficiente de dilatação linear final e inicial</b>	°C <sup>-1</sup>
<b>16</b>	<b>Raio médio geométrico (RMG)</b>	
<b>17</b>	<b>Relatório dos ensaios de recebimento e tipo constantes dos itens 6.2 e 6.3, respectivamente.</b>	

---

**ANEXO C****COTAÇÃO DE ENSAIOS DE TIPO**  
**CABO DE ALUMÍNIO NU COM ALMA DE AÇO**

Nome do fabricante \_\_\_\_\_  
Nº da licitação \_\_\_\_\_  
Nº da proposta \_\_\_\_\_

Item	Ensaio	Preço
1	Ruptura no cabo completo	
2	Tensão-deformação	

**Nota:**

*O preenchimento deste quadro é obrigatório, ficando a critério da CELG GT a aquisição ou não dos ensaios que julgar conveniente.*

---

**ANEXO D****QUADRO DE DESVIOS TÉCNICOS E EXCEÇÕES****CABO DE ALUMÍNIO NU COM ALMA DE AÇO**

Nome do fabricante \_\_\_\_\_

Nº da licitação \_\_\_\_\_

Nº da proposta \_\_\_\_\_

A documentação técnica de licitação será integralmente aceita pelo proponente à exceção dos desvios indicados neste quadro.

Referência	Descrição sucinta dos desvios e exceções

### ALTERAÇÕES NA NTC-42

Item	Data	Item da norma	Revisão	Alteração
1	MAR/10	2	2	Normas e Documentos Complementares
2		3		Terminologia e Definições
3		4.2		Acondicionamento e Marcação da Embalagem
4		4.5		Emendas
5		4.6		Comprimento dos Lances
6		5.1.1		Fios de Alumínio
7		5.1.2		Fios de Aço
8		6.1		Generalidades
9		6.2		Ensaio de Recebimento
10		6.3		Ensaio de Tipo
11		6.4		Descrição dos Ensaio
12		6.4.4.2		Características de Encordoamento
13		6.5		Planos de Amostragem
14		Tabela 1		Características dos cabos CAA
15		Tabela 2		Comprimentos Nominais e Massa Aproximada dos Lances
16		Tabela 3		Resistência à Tração e Alongamento dos Fios de Alumínio Têmpera H19
17		Tabela 5		Propriedades Mecânicas dos Fios de Aço Zincados
18		Tabela 6		Massa da Camada de Zinco
19		Tabela 8		Número Mínimo de Imersões para o Ensaio de Preece - Uniformidade da Camada de Zinco
20		Tabela 9		Plano de Amostragem para o Ensaio de Recebimento
21		Tabela 10		Quantidade de Fios a Retirar de Cada Cabo para Ensaio
22		Anexo B		Quadro de Dados Técnicos e Características Garantidas