

# **NORMA TÉCNICA CELG GT**

## **Cabos Nus de Alumínio (CA)**

### **Especificação**

**NT-65**

# **CELG GERAÇÃO E TRANSMISSÃO S.A.**

## **SETOR DE ENGENHARIA DA TRANSMISSÃO**

### **NT-65 Cabos Nus de Alumínio (CA)**

### **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**

**JAN/2015**

Obs. Esta norma baseia-se no texto da NTC 65 da CELG D.

## ÍNDICE

SEÇÃO	TÍTULO	PÁGINA
1.	<b>OBJETIVO</b>	4
2.	<b>NORMAS E DOCUMENTOS COMPLEMENTARES</b>	5
3.	<b>TERMINOLOGIA E DEFINIÇÕES</b>	7
4.	<b>CONDIÇÕES GERAIS</b>	8
4.1	Geral	8
4.2	Acondicionamento e Marcação da Embalagem	8
4.3	Acabamento	9
4.4	Encordoamento	9
4.5	Emendas	9
4.6	Comprimento dos Lances	9
4.7	Garantia	10
5.	<b>CONDIÇÕES ESPECÍFICAS</b>	11
5.1	Fios de Alumínio	11
5.2	Resistência Mecânica Calculada (RMC)	11
5.3	Resistência Elétrica em Corrente Contínua	11
5.4	Dimensões e Formações	12
5.5	Massa	12
6.	<b>INSPEÇÃO E ENSAIOS</b>	13
6.1	Generalidades	13
6.2	Ensaio de Recebimento	14
6.3	Ensaio de Tipo	14
6.4	Descrição dos Ensaio	14
6.5	Planos de Amostragem	17
ANEXO A	<b>TABELAS</b>	18
TABELA 1	<b>CARACTERÍSTICAS DOS CABOS CA</b>	18
TABELA 2	<b>COMPRIMENTOS NOMINAIS E MASSA APROXIMADA DOS LANCES</b>	19
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>	20
TABELA 5	<b>PLANO DE AMOSTRAGEM PARA OS ENSAIOS DE RECEBIMENTO</b>	20
TABELA 6	<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 nus sem alma de aço (CA) 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 6236	Madeira de carretéis para fios, cordoalhas e cabos - Especificação.
NBR 6564	Graxa lubrificante - determinação do ponto de gota.
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 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 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 ISO 2107	Alumínio e suas ligas - Produtos trabalháveis - Designações das têmperas.
ASTM B193	Standard Test Method for Resistivity of Electrical Conductor Materials.
ASTM B230	Specification for Aluminum 1350-H19 Wire for Electrical Purposes.
ASTM B231	Standard Specification for Concentric-Lay-Stranded Aluminum 1350 Conductors.

**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 7271 Cabos de alumínio nus 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:

#### **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 encordado 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. CONDICÕES GERAIS**

### **4.1 Geral**

O fornecimento deve atender as prescrições da NBR 7271.

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 e número de fios de alumínio);
- e) número do Contrato de Fornecimento de Material (CFM);
- f) número de série da unidade;
- g) massas bruta e líquida (kg);
- h) número de lances com os respectivos comprimentos, em metros;
- i) seta indicativa do sentido de desenrolamento do cabo;
- j) mês e ano de fabricação;
- k) 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 f.*

### **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.

### **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.

### **4.5 Emendas**

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

Nos cabos compostos por sete fios não são permitidas emendas nos fios componentes.

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 dutilidade.

### **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 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 especificados 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: 2,703 g/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>.

### 5.2 Resistência Mecânica Calculada (RMC)

A RMC do cabo completo deve ser tomada como a soma das contribuições de cada fio de alumínio e ser calculada em conformidade com o disposto na NBR 7271 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 CA devem ter dimensões e formações conforme indicado na Tabela 1.

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

#### **5.5 Massa**

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

## **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 emitidos 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 o 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 de 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 5.

a) ensaios nos fios de alumínio

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

b) 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 Verificação do Diâmetro do Fio

As características dimensionais dos fios componentes do cabo devem ser verificadas conforme NBR 15443. O resultado deve estar de acordo com a Tabela 1.

#### 6.4.3 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.

#### 6.4.4 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.

#### 6.4.5 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:

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

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.*

#### 6.4.6 Verificações no Cabo Completo

#### 6.4.7 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 item 4.4.

#### 6.4.8 Características de Encordoamento

As características de encordoamento devem ser verificadas conforme prescrito na NBR 15443.

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.

#### 6.4.9 Seção Transversal

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

$$S = 0,784 \times D^2 \times n$$

Onde:

$S$  = seção do condutor em  $\text{mm}^2$ ;

$D$  = diâmetro dos fios de alumínio, em mm;

$n$  = número de fios de alumínio.

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

#### 6.4.10 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

Variação 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.

6.4.11 Tensão-Deformação

Este ensaio deve ser realizado segundo as prescrições da NBR 7302 e os resultados mostrados em um gráfico conforme estabelecido na norma anteriormente referenciada.

**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 5.

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

Cada lote sujeito a amostragem, conforme Tabela 5, 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 5, 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 deve ser feita após o encordoamento, em conformidade com a norma NBR 5118. Neste caso, bem como para as demais verificações e ensaios previstos no item 6.2, aplica-se o plano de amostragem constante da Tabela 5. A quantidade de fios que deve ser ensaiada, retirada de cada cabo, deve estar de acordo com a Tabela 6.

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 CA**

SEÇÃO (AWG/ MCM)	CÓDIGO	SEÇÃO NOMINAL (mm <sup>2</sup> )	FORMAÇÃO			MASSA NOMINAL (kg/km)	RMC (daN)	Rcc a 20°C (Ω/km)	CAPACIDADE DE CONDUÇÃO DE CORRENTE (A)
			NÚMERO DE FIOS	DIÂMETRO DOS FIOS (mm)	DIÂMETRO DO CABO (mm)				
4	Rose	21,12	7	1,96	5,88	58,2	3,91	1,3606	138
2	Iris	33,54	7	2,47	7,41	92,5	5,99	0,8567	185
1/0	Poppy	53,52	7	3,12	9,36	147,6	8,84	0,5369	245
2/0	Aster	67,35	7	3,50	10,50	185,7	11,12	0,4267	286
4/0	Oxlip	107,41	7	4,42	13,26	296,1	17,01	0,2675	380
266,8	Daisy	135,25	7	4,96	14,88	372,9	21,42	0,2125	443
336,4	Tulip	170,48	19	3,38	16,90	470,0	27,27	0,1686	510
397,5	Canna	202,09	19	3,68	18,40	557,2	31,76	0,1422	570

**Notas:**

1) Características dos cabos conforme NBR 7271.

2) 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	Número de fios	Massa nominal (kg/m)	Lance nominal (m)	Massa Aproximada do lance (kg)
4	Rose	7	0,058	7700(*)	445
2	Iris		0,092	4840	
1/0	Poppy		0,147	3040	
2/0	Aster		0,185	2410	
4/0	Oxlip		0,296	1520	
266,8	Daisy		0,372	1205	
336,4	Tulip	19	0,470	2580	1210
397,5	Canna		0,557	2180	

**Notas:**

1)(\*) Pode ser fornecido em dois lances.

2) Carretel conforme NBR 11137.

**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	1,7	1,6
2,79	3,05	176	165		
3,05	3,56	172	162	1,8	1,7
3,56	3,81	169		1,9	1,8

**TABELA 4**

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

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

**TABELA 5**

**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 6****QUANTIDADE DE FIOS A RETIRAR DE CADA CABO PARA ENSAIO**

Número de fios do cabo	Alumínio		
	Fio central	Coroa de 6 fios	Coroa de 12 fios
7	1	2	-
19	1	2	2

**ANEXO B**
**QUADRO DE DADOS TÉCNICOS E CARACTERÍSTICAS GARANTIDAS**
**CABO DE ALUMÍNIO NU (CA)**

<b>Item</b>	<b>Descrição</b>	<b>Características/unidades</b>
<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 do cabo</b>	mm <sup>2</sup>
<b>3</b>	<b>Formação do cabo (número de fios de alumínio)</b>	
<b>4</b>	<b>Diâmetros:</b>	
4.1	dos fios de alumínio	mm
4.2	do cabo completo	mm
<b>5</b>	<b>Têmpera do condutor</b>	
<b>6</b>	<b>Número de lances no carretel</b>	
<b>7</b>	<b>Comprimento de cada lance no carretel</b>	m
<b>8</b>	<b>Resistência elétrica em corrente contínua a 20°C</b>	Ω/km
<b>9</b>	<b>Resistência elétrica efetiva a 60 Hz, para as temperaturas de 25, 50 e 75°C</b>	(Ω/m)
<b>10</b>	<b>Resistência mecânica calculada (RMC)</b>	daN
<b>11</b>	<b>Módulo de elasticidade inicial, incluindo variação máxima e mínima</b>	kg/mm <sup>2</sup>
<b>12</b>	<b>Coefficiente de dilatação linear final e inicial</b>	°C <sup>-1</sup>
<b>13</b>	<b>Raio médio geométrico (RMG)</b>	
<b>14</b>	<b>Anexar relatório dos ensaios de recebimento e tipo relacionados nos itens 6.2 e 6.3, respectivamente.</b>	

---

**ANEXO C****COTAÇÃO DE ENSAIOS DE TIPO****CABO DE ALUMÍNIO NU (CA)**

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 (CA)**

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 NT-70**

<b>Item</b>	<b>Data</b>	<b>Item da norma</b>	<b>Revisão</b>	<b>Alteração</b>
1	FEV/15	-	0	Emissão inicial desta norma da CELG GT a partir da adaptação do texto da norma original NTC 70 da CELG D, sendo dado o crédito a todos os autores e colaboradores da norma original.